

누룩비율과 온도에 따른 현미막걸리의 품질특성

김진경¹ · 조승화¹ · 김은지¹ · 함승희¹ · 정도연^{1,*}

¹(재)발효미생물산업진흥원

Characteristics of brown rice *Makgeolli* brewed at different temperatures and mixing ratios of *Nuruk*

Jin-Kyeong Kim¹, Seung-Wha Jo¹, Eun-Ji Kim¹, Seung-Hee Ham¹, and Do-Youn Jeong^{1,*}

¹Microbial Institute for Fermentation Industry

Abstract Brown rice *Makgeolli* was brewed by using the *Saccharomyces cerevisiae* strain SRCM102596 under different fermentation conditions: temperatures at 20 and 25°C and *Nuruk* ratios of 5, 10, and 15%. There were no significant differences in the pH and total acidity between samples. The alcohol content at the different *nuruk* ratios varied significantly by the days in the fermentation process. The major free sugars were maltose, glucose, and fructose, and they gradually reduced with fermentation. The major organic acids in the brown rice *Makgeolli* were oxalic acid, citric acid, malic acid, succinic acid, and acetic acid. The lactic acid content increased with the number of days in the fermentation process. Among the 24 different free amino acid contents identified, the total free amino acid content of, especially, threonine, serine, and alanine were high in the brown rice *Makgeolli*, at 20°C and *nuruk* ratio of 10%.

Keywords: brown rice *makgeolli*, alcohol, free sugars, organic acid, free amino acid

서 론

우리나라 술을 대표하는 막걸리는 주로 멥쌀, 찰쌀을 원료로 누룩을 이용하여 빚는 발효 곡주이다(Son 등, 2011). 막걸리는 감미, 산미, 신미, 고미, 샄미의 오미가 고루 조화되어 있으며, 특유의 구수한 맛과 탄산가스로 인한 청량감이 있는 알코올성 음료이다(Lee 등, 1996). 우리의 전통 민속주 중의 하나인 막걸리는 예로부터 널리 음용되어 온 양조주로서 당화와 발효의 공정을 병행하여 제조하는 우리나라에서 가장 오래된 역사를 가진 주류이다(Wang 등, 2012a). 특히, 일반 주류와는 달리 당질, 비타민 B 군 및 단백질이 풍부하고, 다양한 아미노산들이 함유되어 있으며, 식이섬유 등이 많아 영양가가 풍부하여 다른 주류와는 차별화된 특성을 가지고 있다(Woo 등, 2010; Jeong 등, 2006). 생 막걸리는 효모와 유산균이 살아있어 살균 막걸리보다 맛과 품질에 대한 소비자 인지도가 높고 많이 음용하는 막걸리의 형태이다(Han 등, 1997; Park 등, 2011). 쌀은 도정 정도에 따라 현미와 백미로 구분되고, 이 중 현미는 백미에 비해 영양성분(식이섬유, 칼슘, 철분 등의 무기질 및 thiamine과 riboflavin 등의 비타민)이 풍부하게 함유되어 있어 심혈관계 질환, 당뇨병 등 성인병 예방에 효과가 있는 기능성 식품으로 알려지고 있다(Jo 등, 2011; Ko 등, 2011; Woo 등, 2007).

현재까지의 막걸리에 관한 연구로는 누룩과 막걸리의 미생물학적 연구(Han 등, 1997)와 막걸리의 기능성에 관한 연구로 막걸리 분획물의 암세포 생장억제와 암예방에 관한 연구(Shin 등, 2008) 및 막걸리에서 항산화 물질의 분리(Kim 등, 2012) 등이 있다. 원료별 막걸리에 대한 연구(Lee 등, 1996)와 막걸리의 저장성에 관한 연구로 새로운 효모균주의 탐색(Jeon 등, 2012), 막걸리에 대한 저온살균(Lee 등, 1991)과 고압처리(Lim 등, 2004) 및 키토산(Kim 등, 2007) 혹은 블루베리(Jeon과 Lee, 2011) 등을 첨가하여 저장성을 개선하고자 하는 연구 등이 보고되어 있다.

그러나 막걸리에 적합한 효모 선발이나 육종 및 생산에 관한 연구와 이를 활용한 주류 개발은 미흡한 실정이다. 또한 막걸리의 제조공정이 까다롭고, 관여 미생물이 균일하지 못하므로 규격화된 제품 생산이 쉽지 않다. 따라서 품질의 고급화와 표준화에 대한 연구가 시급하다고 생각된다. 현미를 이용한 막걸리 제조는 시도되고 있으나, 모두 시작단계로 실제 제품화에 성공한 사례는 많지 않다(So 등, 1999).

따라서 본 연구에서는 (재)발효미생물산업진흥원에서 보유중인 알코올 내성이 강하며, 탄산이 풍부하고 향미가 좋은 효모와 친환경 현미를 이용한 막걸리의 누룩비율 및 온도별 발효를 통해 우리나라 전통 술인 막걸리의 맛과 품질향상 및 제조 표준화에 기여함으로써 막걸리의 고부가 창출과 발전에 기여하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 현미 막걸리 제조 시 쌀은 전북순창 광식이네 우렁눈쌀 현미(친환경 현미)를 사용하였으며, 누룩은 소금나무회사의 송학곡자 우리밀 누룩(Saltree, Incheon)을 이용하였다. 효모는 선

*Corresponding author: Do-Youn Jeong, Microbial Institute for Fermentation Industry, Sunchang, Jeonbuk 56048, Korea
Tel: +82-63-650-2000
Fax: +82-63-653-9590
E-mail: jdy2534@korea.kr
Received December 16, 2019; revised January 14, 2020;
accepted January 14, 2020

별된 *Saccharomyces cerevisiae* SRCM102596을 YM broth (Yeast Malt Broth, BD Difco Laboratories, Detroit, Michigan, USA)에 28°C에서 48시간 배양 후 현미 무게 대비 10% (v/w) 효모 (8.0±0.10 log₁₀ CFU/mL)를 접종하였다.

현미막걸리 제조방법

현미막걸리 제조는 일반적인 막걸리 제조방법을 준용하였으며, 이에 누룩비율과 발효온도를 설정하였다. 현미는 물 150% (v/w) 첨가하여 3시간 침지 후 30분간 물기를 빼고 분쇄하였다. 분쇄된 현미를 121°C에서 40분간 증자 후 30°C까지 방냉하였으며, 현미 무게 대비 물 150% (w/v)로 첨가한 다음 현미무게 기준으로 누룩 비율별 5, 10, 15%를 첨가하였다. 효모는 배양액을 원심분리 (15,000 rpm, 15분, J-26 XPI, Beckman, Indianapolis, USA)하여 상등액을 버리고, 균체를 YM broth 배양액과 동일한 양의 멸균수에 녹인 후 효모(8.0±0.10 log₁₀ CFU/mL)를 현미무게 기준으로 각각 10% (v/w)로 첨가하여 막걸리를 제조하였다. 막걸리 발효 조건은 인큐베이터(VS-L203P3V, Daejeon)를 이용하여 20, 25°C에서 면포를 이용하여 2일은 호기성, 용기의 입구를 밀폐하여 3일은 혐기성으로 총 5일간 발효를 진행하였다.

생균수 측정

생균수는 시료를 멸균생리식염수에 순차적으로 10배수로 희석하고 YM agar media에 도말 후, 28°C에서 2일간 배양하여 colony를 계수하여 측정하였다.

pH 및 총산도 측정

막걸리의 pH 및 산도는 시료 1 mL을 10배 희석하여 pH meter (Mettler Toledo CH/MPC227, Switzerland)로 측정하였고, 총산도는 0.1 N-NaOH용액으로 적정하여 pH 8.3까지 적정된 소비량에 0.009를 곱하여 계산한 후 lactic acid로 표시하였다.

총 폴리페놀 함량

총 페놀 함량은 Folin-Denis 변법에 따라 추출된 시료를 농도별로 적절히 희석한 후 측정하였다(Folin과 Denis, 1912). 각 농도별 시료 200 µL에 Folin-Ciocalteu reagent 12.5 µL를 혼합하여 교반한 뒤, 120분 동안 상온에서 방치하여 반응시켰다. 반응액의 흡광도 값은 UV-Vis spectrophotometer (Beckman coulter DU 800, Indianapolis, USA) 사용하여 750 nm에서 분석하였다. 총 페놀 함량은 gallic acid를 분석시료와 동일한 방법으로 분석하여 얻은 표준검량선으로부터 시료 추출물의 총 페놀 함량을 산출하였고, 총 폴리페놀 함량은 1 L 중의 mg gallic acid equivalent로 나타내었다.

DPPH radical 소거능

DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 라디칼 소거능은 Blois와 Marsden(1958)의 방법을 변형하여 전자공여작용(electron donating abilities, EDA)에 대한 효과로 각 시료의 환원력을 측정하였다. 즉, 시료 50 µL에 0.15 mM DPPH solution (99% Methanol에 용해) 150 µL을 가한 후 30분간 상온에서 방치하고 흡광도 값은 UV-Vis spectrophotomete (Beckman coulter DU 800, Fullerton, CA, USA)를 사용하여 517 nm에서 변화를 측정하였다. 각 시료의 라디칼 소거능은 아래의 식에 의해 시료 첨가구 및 무 첨가구간의 흡광도 차이를 백분율로 나타내었다.

$$\text{전자공여능(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가구의 흡광도}}{\text{무첨가구의 흡광도}}\right) \times 100$$

유리당, 유기산 및 알코올 분석

유기산과 유리당의 전처리에는 시료 1 mL에 증류수 9 mL를 가하여 1시간 동안 균질화시킨 후 0.45 µm membrane filter로 여과하여 얻은 여액을 HPLC (Agilent Technologies 1200 Series, Santa clara, California, USA)로 동시 분석하였다. 분석용 컬럼은 Aminex column HPX-87P (300×7.8 mm)를 사용하였으며, detector는 RID, DAD UV 210 nm에서 검출하였다. HPLC 측정 조건은 컬럼 온도를 50°C에서 용매는 0.005 N H₂SO₄를 사용하였다. 이동상의 유속을 0.6 mL/min로 설정하였고, 시료 주입량은 20 µL로 하여 분석하였다.

유리아미노산 분석

유리아미노산 전처리에는 시료 10 mL를 취하여 3차 증류수 30 mL를 넣고 교반한 후 50 mL로 정용하였다. 초음파를 이용하여 20분간 추출한 후 원심분리(3000 rpm, 10분)한 다음 상등액 2 mL에 5% TCA 2 mL를 넣고 원심분리(10,000 rpm, 10분)하였고 상등액을 취하여 0.02 N HCL로 희석한 후 0.2 µm syringe filter에 통과하여 아미노산 분석기(Amino acid analysis Hitachi L-8900, hitachi, Japan)로 분석하였다. 분석용 컬럼은 Hitachi 4.6×60 mm (speration), Hitachi 4.6×40 mm (Ammonia filtering)를 사용하였으며, UV/Vis 440-570 nm에서 검출하였다. 분석조건은 컬럼 온도 50°C에서 용매는 Buffer set (PH-SET KANTO)를 사용하였다. 이동상의 유속을 Buffer 0.40 mL/min, Ninhydrin 0.35 mL/min로 설정하였고, 시료 주입량은 20 µL로 하여 분석하였다.

결과 및 고찰

생균수 측정

친환경 현미 막걸리의 온도조건 및 누룩비율별 효모 생균수는 Table 1과 같다. 0시간에서 6.00±0.10-6.60±0.11 log₁₀ CFU/mL로 나타났으며, 24시간에서 균체성장이 가장 활발히 이루어졌다. 또한 20°C 시료는 누룩비율 5, 10, 15%에서 각각 8.04±0.11, 8.08±0.11, 8.26±0.10 log₁₀ CFU/mL로 나타났으며, 25°C 시료는 누룩비율별 5, 10, 15%에서 각각 8.24±0.11, 8.60±0.12, 8.62±0.10 log₁₀ CFU/mL로 온도와 누룩비율이 높을수록 균체성장이 높아지는 경향을 보였다. 특히 72시간 발효 시 20°C 시료에서 누룩비율별 균체성장은 8.57±0.10-8.83±0.11 log₁₀ CFU/mL로 가장 높게 나타났으며, 25°C 시료에서는 시간이 지남에 따라 생균수는 유지하는 정도였다. 120시간 발효 후 생균수는 모든 시료에서 8.20±0.10-8.51±0.11 log₁₀ CFU/mL로 나타났으며, 시료별 균체성장의 큰 차이는 보이지 않았다.

pH 및 총산도

친환경 현미 막걸리의 온도조건 및 누룩비율별 pH 및 총산도는 Table 2와 같다. pH 범위는 0시간에서 5.54±0.02-5.68±0.02로 나타났으며 전반적으로 발효가 진행됨에 따라 pH 범위는 감소하는 경향을 보였다. 특히 48시간 시료에서 pH 범위는 많이 감소하였으며, 20°C 시료는 누룩비율 5, 10, 15%에서 각각 4.26±0.01, 4.31±0.02, 4.37±0.01로 나타났으며, 25°C 시료는 누룩비율 5, 10, 15%에서 각각 3.79±0.01, 3.68±0.01, 4.31±0.02로 낮아졌다. 발효

Table 1. The strain viability of brown rice *Makgeolli* with mixing ratio of *Nuruk*Log₁₀ CFU/mL

Temperature (°C)	Nuruk amount (%)	inoculation	Fermented times (h)					
			0	24	48	72	96	120
20	5	8.0±0.10	6.23±0.10 ¹⁾	8.04±0.11	8.43±0.12	8.57±0.10	8.40±0.10	8.46±0.11
	10		6.08±0.11	8.08±0.11	8.49±0.10	8.83±0.11	8.56±0.12	8.51±0.11
	15		6.00±0.10	8.26±0.10	8.34±0.12	8.61±0.10	8.11±0.11	8.43±0.10
25	5		6.20±0.12	8.24±0.11	8.45±0.11	8.51±0.12	8.40±0.10	8.23±0.12
	10		6.60±0.11	8.60±0.12	8.32±0.10	8.48±0.12	8.23±0.10	8.20±0.10
	15		6.55±0.10	8.62±0.10	8.71±0.12	8.50±0.12	8.59±0.12	8.34±0.11

¹⁾Values are presented as mean±SD (n=3)**Table 2. The pH and total acidity contents of brown rice *Makgeolli* with mixing ratio of *Nuruk***

Temperature (°C)	Nuruk amount (%)		Fermented times (h)						
			0	24	48	72	96	120	
20	5	pH	5.67±0.01 ¹⁾	5.30±0.02	4.26±0.01	4.01±0.02	4.21±0.01	3.97±0.01	
	10		5.68±0.02	5.54±0.02	4.31±0.02	3.95±0.01	4.18±0.01	3.64±0.01	
	15		5.58±0.01	5.32±0.02	4.37±0.01	3.87±0.02	4.21±0.01	3.72±0.02	
25	5		5.60±0.02	5.83±0.01	3.79±0.01	3.56±0.02	4.00±0.02	3.75±0.01	
	10		5.54±0.02	5.24±0.01	3.68±0.01	3.48±0.01	4.01±0.01	3.52±0.01	
	15		5.67±0.01	5.22±0.01	4.31±0.02	3.99±0.02	4.48±0.02	3.59±0.02	
20	5		total acidity (%)	0.17±0.02	0.38±0.01	0.49±0.01	0.71±0.01	0.77±0.02	0.96±0.01
	10			0.13±0.01	0.35±0.01	0.50±0.02	0.66±0.02	0.78±0.01	1.11±0.02
	15			0.17±0.01	0.36±0.02	0.51±0.02	0.72±0.01	0.75±0.02	1.16±0.01
25	5	0.09±0.01		0.20±0.01	0.54±0.01	0.81±0.01	0.92±0.01	1.18±0.01	
	10	0.14±0.01		0.38±0.02	0.71±0.02	0.98±0.02	0.98±0.01	1.46±0.02	
	15	0.15±0.01		0.37±0.01	0.50±0.01	0.56±0.01	0.57±0.02	1.31±0.02	

¹⁾Values are presented as mean±SD (n=3)**Table 3. The alcohol contents of brown rice *Makgeolli* with mixing ratio of *Nuruk***

(%)

Temperature (°C)	Nuruk amount (%)	Fermented times (h)					
		0	24	48	72	96	120
20	5	0.19±0.01 ¹⁾	2.29±0.03	6.07±0.08	8.14±0.05	8.76±0.05	9.82±0.10
	10	0.68±0.02	3.05±0.04	7.38±0.08	9.50±0.07	10.96±0.10	11.91±0.10
	15	0.12±0.02	4.12±0.04	8.00±0.07	9.86±0.10	10.52±0.10	11.74±0.11
25	5	0.09±0.03	2.87±0.02	7.56±0.06	9.20±0.08	10.97±0.08	11.46±0.12
	10	0.15±0.02	4.69±0.04	9.87±0.06	11.04±0.10	12.35±0.11	13.51±0.10
	15	0.11±0.03	6.18±0.05	12.62±0.10	14.72±0.11	16.64±0.12	17.15±0.12

¹⁾Values are presented as mean±SD (n=3)

가 완료된 120시간에서 20°C 누룩비율별 시료는 3.64±0.01-3.97±0.01로 나타났고, 누룩비율이 높을수록 pH 범위는 미미하지만 낮아졌다. 또한 25°C 누룩비율별 시료에서는 3.52±0.01-3.75±0.01로 나타났으며, 20°C 시료와 마찬가지로 누룩비율이 높을수록 pH 범위는 미미하지만 더 낮아졌다. pH 범위가 낮아질수록 총산도는 높아졌으며, 비례한 결과를 보였다. 총산도는 모든 시료에서 시간이 지남에 따라 높아졌으며, 0.96±0.01-1.46±0.02%로 나타났다. 특히 25°C에서 누룩 10%를 첨가한 시료에서 1.46±0.02%로 가장 높게 나타났다. 막걸리를 포함한 주류의 산도는 술의 풍미와 보존성에 영향을 주며, 주류의 품질에 큰 영향을 미친다(Lee 등, 2012). 또한 막걸리는 발효가 진행되면서 효모나 젖산균 등 미생물 작용으로 생성된 각종 유기산에 의해 총산 함량이 증가한다고 하였는데 본 실험결과와 비슷하였다(Kwon 등,

2013). Lee 등(1996)의 보고와 비슷한 pH 범위와 총산도를 나타내어 막걸리 발효가 잘 이루어짐을 알 수 있었다.

알코올 함량

친환경 현미 막걸리의 온도조건 및 누룩비율별 알코올 함량은 Table 3과 같다. 알코올 농도는 막걸리 발효가 이루어질 때 변질이나 부패를 방지하는 막걸리의 주질을 결정하는 가장 중요한 성분이다(Jeong 등, 2006). 알코올 함량은 pH 범위와 마찬가지로 48시간에서 값의 차이를 보였으며, 모든 시료에서 급격히 증가하였다. 120시간 발효 후 20°C 누룩비율별 시료보다 25°C 누룩비율별 시료에서 알코올 함량이 더 높게 나타났으며, 특히 누룩 15%에서 25°C 발효하였을 때 17.15%로 가장 높은 함량을 나타냈다. 막걸리는 담금 후 원료 중의 전분질이 누룩 중의 당화효소

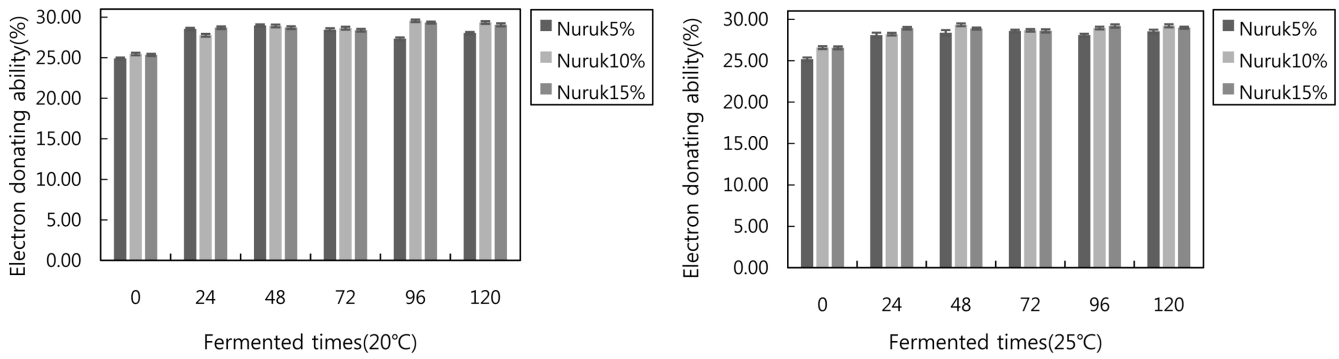


Fig. 1. DPPH radical scavenging of brown rice *Makgeolli* with mixing ratio of *Nuruk*

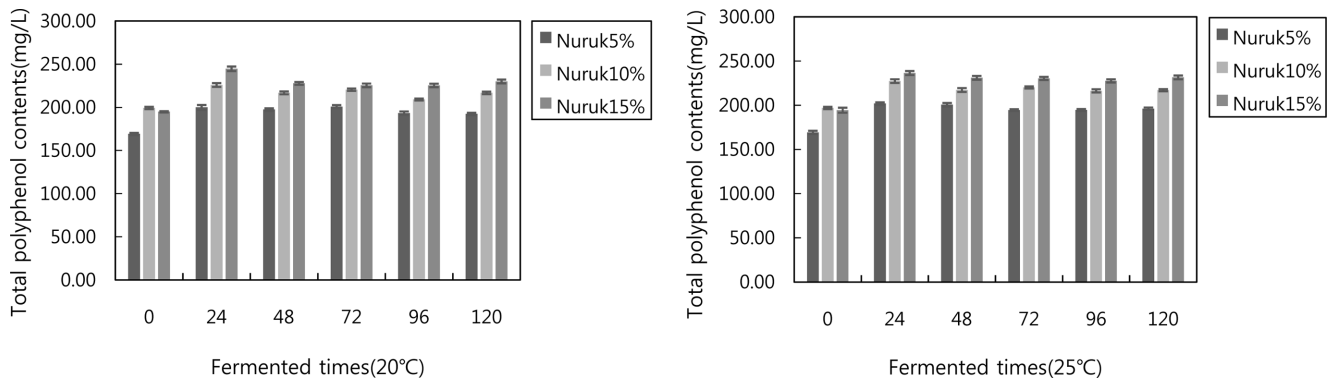


Fig. 2. Total polyphenol contents of brown rice *Makgeolli* with mixing ratio of *Nuruk*

에 의해 당분으로 분해되고 이후 당분은 효모의 발효기질로 이용되므로 일정한 기간까지 알코올 함량이 증가한다(Jin 등, 2007). 따라서 본 실험결과 또한 누룩첨가 비율 및 발효온도가 높을수록 알코올 함량이 높은 결과를 나타내었으며, 24시간 발효 후 누룩비율 15% 첨가 시료에서 20°C 시료는 4.12±0.04%, 25°C 시료는 6.18±0.05%로 처리구 중 알코올 함량이 단시간에 높아지는 결과를 보였다.

DPPH radical 소거능

친환경 현미 막걸리의 온도조건 및 누룩비율별 DPPH radical 소거능은 Fig. 1과 같다. Blois와 Marsden(1958) 및 Jeong 등 (2010)의 보고에서 수소전자 공여는 인체 내의 지질, 단백질과 결합하여 질병 및 노화를 일으키는 free radical의 반응을 정지시키는 방법이다. 친환경 현미 막걸리의 누룩비율별, 온도별 모든 시료에서 DPPH radical 소거능은 큰 차이를 보이지 않았다. 0시간에서 24.91±0.48-26.58±0.29%로 나타났으며, 120시간에서 28.04±0.73-29.35±1.40%로 모든 시료에서 발효가 진행됨에 따라 DPPH radical 소거능은 조금 높아지는 경향을 보였다. 실제로 쌀에는 각각 0.11 mg/100 g의 비타민 E가 함유되어 있으며, 이외에도 발효 과정 중에 비페놀성 항산화 물질이 생성될 가능성을 배제할 수 없다(Seo 등, 2013). 최근 Wang 등(2012b)은 막걸리로부터 4-hydroxybenzaldehyde, 2-(4-hydroxyphenyl) ethanol, trans-ferulic acid, cis-ferulic acid 등의 페놀성 화합물뿐만 아니라 1H-indole-3-ethanol, dimethyl succinate, succinic acid, 그리고 mono-methyl succinate의 비페놀성 항산화물질을 분리, 동정하여 막걸리의 항산화활성이 보고된 바 있다. 따라서 본 연구결과와 같이 막걸리의 DPPH radical 소거능이 높지 않지만 자유티라디칼 소거에 도움을 줄 것으로 사료된다.

총 폴리페놀 함량

친환경 현미 막걸리의 온도조건 및 누룩비율별 총 폴리페놀 함량은 Fig. 2와 같다. 페놀화합물은 식물계에서 널리 분포되어 있는 식물체 유래의 대사산물 중 하나로, 이들 물질은 phenolic hydroxyl기를 가지고 있기 때문에 단백질 및 기타 거대 분자들과 결합하려는 성질을 가지므로 항산화 효과 등의 생리활성을 가진다(Cai 등, 2004). 식품에서 phenolic 물질은 항산화 활성과 양의 상관관계가 있어 항산화력의 간접적인 지표로 활용된다는(Budak과 Guzel-Seydim, 2010) 보고와 같이 중요한 물질이다. 막걸리는 막걸리 및 부산물에 존재하는 페놀 물질이 주로 쌀로부터 유래한 것으로 쌀에서는 gallic acid, protocatechuic acid, p-hydroxybenzoic acid, vanillic acid, caffeic acid, syringic acid, p-coumaric acid, ferulic acid, guaiacol, p-cresol, o-cresol, 3,5-xylenol 등이 검출된 바 있다(Sosulski 등, 1982; Vichapong 등, 2010). 따라서 총 폴리페놀 함량은 온도별 차이는 없었으나, 누룩비율이 높을수록 함량이 높아지는 경향을 보였다. 0시간에서 169.19±1.40-199.35±2.02 mg/L로 나타났으며, 120시간에서 192.51±1.38-231.58 mg/L로 나타났다. Choi 등(2011)의 보고에 따르면 총 페놀 함량은 발효가 진행됨에 따라 미생물의 효소작용으로 유리형 페놀성분이 생성됨으로써 증가한다고 하여, 본 연구결과와 유사한 경향을 나타내었으며, 총 폴리페놀 함량에 영향을 미쳤을 것으로 사료된다.

유리당 함량

친환경 현미 막걸리의 온도조건 및 누룩비율별 유리당 함량은 Table 4와 같으며, 막걸리에 함유된 유리당 중 maltose, glucose, fructose가 검출되었다. 막걸리 중의 유리당은 알코올 발효기질로 이용되고 주류의 향기 생성과 감미도에 영향을 주는 성분이다

Table 4. The contents of free sugars of brown rice *Makgeolli* with mixing ratio of *Nuruk*

(mg/L)

Temperature (°C)	Nuruk amount (%)	Free sugars	Fermented times (h)					
			0	24	48	72	96	120
20	5	Maltose	1526.82±21.40 ¹⁾	1165.24±20.10	411.19±4.19	ND	ND	108.53±1.78
	10		1021.85±18.22	778.92±10.15	172.00±2.99	ND	101.29±1.20	102.98±2.18
	15		1177.23±17.42	206.03±8.74	ND	92.92±1.96	103.52±1.19	111.95±4.00
25	5	Maltose	874.15±15.10	335.19±10.09	ND	107.84±1.44	322.50±1.42	214.04±3.34
	10		1884.54±14.48	288.87±3.11	83.29±1.12	ND	114.58±2.13	115.37±1.21
	15		1274.99±13.46	1297.31±10.08	ND	ND	ND	ND
20	5	Glucose	7761.18±40.42	7295.01±28.26	4175.69±33.20	2343.75±12.50	1427.61±9.22	1204.79±10.05
	10		3326.43±41.11	669.96±8.00	2130.27±26.24	1472.41±10.29	956.55±5.52	1029.07±15.23
	15		9731.61±52.89	1926.43±6.19	1382.72±15.08	741.86±2.90	718.80±2.84	916.16±4.06
25	5	Glucose	5378.63±60.13	4022.42±18.04	3541.85±20.10	2125.76±16.36	1836.83±14.55	1580.51±17.44
	10		10878.63±77.00	4233.46±13.15	1393.71±9.74	1008.70±8.63	844.23±2.37	788.81±9.36
	15		10042.98±70.85	9684.40±29.42	3651.73±14.05	2251.84±3.08	1264.40±12.12	1582.51±20.22
20	5	Fructose	1417.95±10.24	ND ²⁾	ND	ND	ND	ND
	10		1032.86±20.48	ND	ND	ND	ND	ND
	15		1150.32±24.71	ND	ND	ND	ND	ND
25	5	Fructose	1120.88±18.12	ND	ND	ND	ND	ND
	10		1350.91±17.33	ND	ND	ND	ND	ND
	15		1369.94±19.20	ND	ND	ND	ND	ND

¹⁾Values are presented as mean±SD (n=3). ²⁾Not detected.

(Lee 등, 1996). Maltose 함량은 특히 25°C 누룩비율 15% 시료에서 48시간부터 검출되지 않았으며, 25°C 누룩비율 5% 시료에서 214.04±3.34 mg/L로 가장 높게 나타났다. 막걸리 발효가 진행됨에 따라 모든 시료에서 maltose는 감소하는 경향을 보였다. Glucose 함량은 0시간에서 3326.43±41.11-10878.63±77.00 mg/L로 나타났다. 120시간 발효 시 25°C 누룩비율 15% 시료에서 1582.51±20.22 mg/L로 가장 높게 나타났으며, 20°C 누룩비율 15% 시료에서 916.16±4.06 mg/L로 가장 낮게 나타났다. Glucose 함량은 발효가 진행됨에 따라 감소하는 경향을 보였다. 발효 초기 당함량이 증가한 것은 효모에 의해 알코올 발효보다 전분의 당화효소에 의한 활성이 높을 것으로 판단되며, 발효 중 효모나 기타 미생물의 영양원 및 발효기질로 활용되어 발효가 진행될수록 감소한 것으로 사료된다(Kim 등, 2012). 3종의 유리당 중 모든 시료에서 glucose의 함량이 가장 높게 나타났는데 이는 Lee 등(2012)의 보고와 일치하였다. Fructose 함량은 0시간에서 1032.86±20.48-1417.95±10.24 mg/L로 검출되었으나 24시간 이후에는 검출되지 않았다. 현미막걸리의 glucose, fructose, maltose 등의 당류는 현미나 누룩 등의 원료와 당화 amylase 및 glucoamylase의 작용으로 생성된 것으로 사료되며, 유리당 함량이 각각 다르게 나타난 것은 누룩비율의 당화 amylase 및 활성도 등의 차이에 의한 것으로 사료된다(Kwon 등, 2013).

유기산 함량

친환경 현미 막걸리의 온도조건 및 누룩비율별 유기산 함량은 Table 5와 같으며, 막걸리에 함유된 유기산 중 oxalic acid, citric acid, malic acid, succinic acid, lactic acid, acetic acid가 검출되었다. 전반적으로 유기산 함량은 발효가 완료되었을 때 lactic acid가 가장 높았으며, succinic acid와 acetic acid의 순서로 높았다. Oxalic acid와 acetic acid함량은 24시간 시료에서 증가하였지만, 발효가 진행됨에 따라 유지하거나 감소하였다. Citric acid, malic

acid, succinic acid의 함량은 모든 시료에서 낮아지거나 검출되지 않았다. 그러나 lactic acid 함량은 모든 시료에서 0시간에서는 검출되지 않았으나, 발효가 진행됨에 따라 높아지는 경향을 보였으며, 특히 25°C 시료에서 누룩비율별로 모두 높았다. 25°C 누룩비율 15% 시료에서 15930.75±14.21 mg/L로 가장 높게 나타났으며, 25°C 누룩비율 10% 시료에서 15060.72±32.30 mg/L로 높은 함량을 보였다. 막걸리 발효에서 malo-lactic fermentation (MLF)은 알코올 발효 후 *Lactobacillus* sp.와 *Leuconostoc* sp. 등과 같은 특정 유산균에 의해 일어나는 발효로서 이로 인하여 malic acid가 lactic acid로 전환된다는 보고와 같이(Lee 등, 2010) 본 실험에서 malic acid 함량이 48시간에서 감소하면서 lactic acid 함량이 48시간에서 증가하는 결과로 이러한 영향을 받은 것으로 생각된다. 막걸리 발효에서의 MLF가 적절히 이루어지면 산도의 감소로 주질의 부드러움과 입에서 느껴지는 촉감을 강화시켜 주며 acetaldehyde의 감소로 풍미가 개선되고 발효 중 미생물학적 안정성을 높여주는 긍정적인 효과를 제공하는 역할을 한다. 이 MLF는 오래 전부터 와인에서 연구 및 산업화가 이루어지고 있으며, 막걸리에도 중요한 작용을 한다(Lee 등, 2011).

유리아미노산 함량

친환경 현미 막걸리의 온도조건 및 누룩비율별 유리아미노산 함량은 Table 6, 7과 같다. 총 24종의 유리아미노산이 검출되었다. 발효가 완료된 후 총 유리아미노산 함량은 20°C 누룩비율 10, 5% 시료에서 각각 327.50±5.59, 284.71±3.40 mg/L로 높게 나타났으며, 25°C 누룩비율 5% 시료에서 253.02±4.49 mg/L 순으로 높게 나타났다. 막걸리에는 신맛, 감칠맛, 단맛 및 쓴맛을 나타내는 유리아미노산들이 균형 있게 함유되어 있어야 하고 그 함량이 높을수록 좋은 것으로 알려지고 있다(Shon 등, 1990). 감칠맛을 나타내는 glutamic acid는 25°C 누룩비율 5% 시료에서 20.98±1.22 mg/L로 가장 높게 나타났으며, 모든 온도에서 누룩비율 15% 시

Table 5. The contents of organic acid of brown rice *Makgeolli* with mixing ratio of *Nuruk* (mg/L)

Temperature (°C)	Nuruk amount (%)	Organic acid	Fermented times (h)						
			0	24	48	72	96	120	
20	5	Oxalic acid	33.53±2.10 ¹⁾	82.71±1.86	88.77±1.05	73.54±1.51	45.98±1.22	34.78±0.98	
	10		37.22±0.70	94.55±1.00	104.30±2.04	66.66±1.12	46.67±1.52	40.80±0.89	
	15		36.22±0.19	93.43±1.57	73.65±1.07	40.43±0.92	29.70±1.34	25.57±1.02	
25	5		26.55±0.80	97.14±1.43	93.28±2.11	67.22±0.09	42.88±1.35	37.82±0.51	
	10		43.34±1.00	101.93±1.29	57.85±0.55	42.14±0.86	35.00±1.06	32.50±0.63	
	15		40.99±1.00	106.23±2.38	89.98±1.08	71.82±1.18	54.47±1.83	42.74±1.27	
20	5		Citric acid	408.25±9.61	540.86±1.24	310.67±2.13	ND	ND	ND
	10			113.78±2.12	178.96±1.11	57.30±1.24	ND	ND	ND
	15			554.00±3.00	612.36±4.00	587.97±5.36	140.99±2.03	ND	ND
25	5	114.75±2.20		224.89±2.79	ND	ND	ND	ND	
	10	147.68±1.00		234.57±1.44	ND	ND	ND	ND	
	15	142.87±1.24		275.06±2.33	252.87±2.22	217.69±1.20	140.22±2.25	ND	
20	5	Malic acid		68.29±1.80	24.90±0.75	ND	ND	ND	ND
	10			88.32±0.22	20.18±0.62	ND	ND	ND	ND
	15			66.57±1.66	56.15±1.38	ND	ND	ND	ND
25	5		52.50±2.30	30.47±0.95	ND	ND	ND	ND	
	10		66.78±0.60	10.36±1.56	ND	ND	ND	ND	
	15		69.04±1.93	70.29±0.34	ND	ND	ND	ND	
20	5		Succinic acid	1650.49±10.55	684.02±3.22	366.96±1.41	527.52±2.63	518.65±1.23	643.31±3.45
	10			489.64±2.77	409.08±5.05	357.14±2.92	605.93±3.94	573.78±2.88	762.53±5.58
	15			1841.95±16.22	480.83±1.20	302.80±1.58	674.54±3.28	781.67±3.52	843.53±2.44
25	5	1117.22±10.61		510.14±3.64	496.05±1.44	538.76±2.36	617.96±3.60	582.81±5.00	
	10	2527.17±20.80		370.58±1.15	694.52±1.03	750.68±3.14	1005.57±14.64	1104.66±13.22	
	15	1288.22±20.18		545.25±2.39	809.14±3.89	871.65±4.17	748.88±1.31	851.62±5.36	
20	5	Lactic acid		ND ²⁾	444.80±4.11	3155.34±13.29	6232.56±21.40	8569.89±12.54	10251.91±23.10
	10			ND	701.70±5.23	2830.26±20.34	7032.52±16.21	9634.90±10.21	11371.06±34.07
	15			ND	663.85±3.08	1733.74±10.46	6329.40±17.47	9666.39±13.65	11907.51±18.01
25	5		ND	315.85±2.14	6718.61±12.81	9155.43±9.40	12016.38±37.39	14084.39±41.02	
	10		ND	1616.21±16.30	7263.53±30.24	10429.86±74.17	12900.28±15.10	15060.72±32.30	
	15		ND	905.67±4.17	1908.21±12.47	3558.11±10.83	4611.11±12.24	15930.75±14.21	
20	5		Acetic acid	396.67±1.13	881.16±2.06	340.24±2.77	420.70±2.55	460.36±10.10	490.43±3.65
	10			822.00±2.78	1696.96±18.62	568.77±3.40	385.73±1.74	389.04±2.66	414.46±2.43
	15			687.44±1.23	1623.12±10.08	367.35±2.27	546.64±2.47	446.76±3.78	481.78±1.99
25	5	583.84±3.29		1614.86±11.39	402.75±1.85	474.23±1.85	532.76±3.09	566.50±2.57	
	10	659.56±3.10		744.87±2.42	484.35±2.52	347.23±2.21	368.03±1.10	400.47±3.04	
	15	817.19±5.49		2285.03±17.80	578.13±1.60	776.77±4.11	309.49±1.23	372.37±1.08	

¹⁾Values are presented as mean±SD (n=3). ²⁾Not detected.

료에서 모두 낮은 함량을 보였다. 단맛을 나타내는 threonine, serine, glycine 및 alanine 모두 검출되었으며, 특히 threonine, serine, alanine 함량은 20°C 누룩비율 10% 시료에서 각각 5.45±0.14, 7.64±0.28, 23.16±3.15 mg/L로 가장 높게 나타났으며, 25°C 누룩 비율 5% 시료에서 각각 5.03±0.22, 6.49±0.19, 19.12±1.04 mg/L로 그 다음으로 높은 함량을 보였다. Glycine 함량은 25°C 누룩비율 5% 시료에서 16.96±2.15 mg/L로 가장 높게 나타났다. 단맛과 쓴맛을 동시에 나타내는 methionine의 함량 또한 20°C 누룩비율 10% 시료에서 10.35±0.22 mg/L로 가장 높게 나타났으며, 25°C 누룩비율 5% 시료에서 9.48±0.83 mg/L로 그 다음으로 높게 나타났다. 또한, 쓴맛을 나타내는 phenylalanine 및 arginine의 함량은 25°C 누룩비율 5% 시료에서 높게 나타났으며, 약한 쓴맛을 나타내는 valine 함량 또한 25°C 누룩비율 5% 시료에서 가장 높

았다. 본 연구 결과 막걸리에서 검출된 총 24종의 유리아미노산이 다양하게 변화하였고, 총 유리아미노산의 함량을 볼 때 발효가 진행됨에 따라 온도별 누룩비율 5, 10%에서는 동일하게 높아졌으며, 온도별 누룩비율 15%에서는 낮아지는 것을 볼 수 있었다. 따라서 누룩비율이 너무 높으면 오히려 막걸리의 풍부한 아미노산 생성에 방해가 되는 것으로 보여진다. 이와 같이 아미노산이 풍부한 막걸리는 구체적인 연구가 된다면 막걸리의 차별화 전략에 효과적일 것으로 생각된다(Park 등, 2012).

요 약

본 연구는 친환경 현미와 (재)발효미생물산업진흥원에서 보유 중인 알코올 내성이 강하며, 풍미가 좋은 효모를 이용하여 온도

Table 6. The contents of free amino acid of brown rice *Makgeolli* with mixing ratio of *Nuruk* (mg/L)

Free amino acid	Fermented times (20°C, h)																	
	0			24			48			72			96			120		
	Nuruk5%	Nuruk10%	Nuruk15%	Nuruk5%	Nuruk10%	Nuruk15%	Nuruk5%	Nuruk10%	Nuruk15%	Nuruk5%	Nuruk10%	Nuruk15%	Nuruk5%	Nuruk10%	Nuruk15%	Nuruk5%	Nuruk10%	Nuruk15%
Asp	0.29±0.01 ¹⁾	0.71±0.04	1.77±0.02	0.19±0.01	0.82±0.02	2.42±0.08	0.22±0.01	0.85±0.03	3.37±0.17	0.41±0.02	1.09±0.14	6.41±0.10	3.93±0.38	7.49±0.87	0.97±0.04	5.64±0.03	6.86±0.12	1.48±0.04
Thr	0.48±0.02	1.03±0.03	1.65±0.83	0.49±0.02	1.03±0.04	2.31±0.09	0.55±0.02	1.15±0.10	3.10±0.08	0.98±0.04	1.21±0.02	5.60±0.12	3.20±0.13	5.77±0.12	0.99±0.02	4.30±0.01	5.45±0.14	1.82±0.05
Ser	0.85±0.05	ND	2.51±0.18	0.97±0.01	1.96±0.03	3.35±0.21	1.05±0.02	1.85±0.08	4.09±0.13	1.49±0.05	1.73±0.01	7.21±0.58	4.36±0.08	7.84±0.17	1.39±0.09	6.30±0.05	7.64±0.28	2.39±0.02
Glu	15.97±0.12	29.00±1.10	32.87±0.19	18.28±0.70	28.99±0.67	40.06±0.14	17.11±0.06	23.48±1.24	47.20±0.24	21.56±0.13	25.32±0.12	82.00±2.53	9.54±0.07	19.98±0.14	4.98±0.18	14.54±0.15	19.14±2.17	8.10±0.17
Gly	4.98±0.10	7.68±0.45	8.78±0.12	4.64±0.04	7.84±0.43	10.36±0.22	4.76±0.04	6.42±0.32	12.03±0.19	5.42±0.15	5.96±0.17	18.63±3.75	11.11±1.12	17.41±2.64	5.41±0.11	15.69±0.12	16.73±2.40	6.99±0.74
Ala	4.76±0.23	8.15±0.27	11.04±0.18	5.02±0.05	9.41±0.32	13.50±0.18	5.18±0.13	8.05±0.26	13.89±0.15	6.22±0.18	7.22±0.15	21.99±4.62	12.39±0.22	22.70±4.72	6.24±0.45	19.87±0.31	23.16±3.15	9.49±0.30
a-ABA	1.76±0.17	2.11±0.14	2.53±0.14	1.70±0.03	2.97±0.08	2.97±0.15	1.73±0.05	2.27±0.55	4.09±0.18	2.12±0.09	1.71±0.09	6.88±0.12	3.79±0.14	6.40±1.66	1.60±0.23	7.06±0.12	7.45±1.63	2.74±0.18
Val	6.35±0.44	8.10±1.22	10.95±0.17	5.73±0.44	8.63±0.41	12.50±0.23	6.34±0.17	8.12±0.68	13.93±0.14	7.15±0.02	8.34±0.13	20.78±4.44	13.96±1.24	19.86±1.76	7.75±0.39	17.81±4.14	18.83±2.13	9.30±0.53
Met	ND ²⁾	2.42±1.40	3.04±0.43	ND	2.57±0.25	3.52±0.20	1.99±0.20	2.70±0.11	7.29±0.09	2.38±0.03	2.65±0.08	9.36±0.43	7.72±0.28	10.16±1.18	3.07±0.91	9.07±0.72	10.35±0.22	3.18±0.08
Cysthi	13.20±0.48	7.52±1.11	7.45±0.22	10.07±0.75	7.07±0.22	7.86±0.14	7.49±0.22	7.01±0.08	ND	8.23±0.17	7.64±0.08	ND	ND	ND	6.91±0.62	ND	ND	6.95±0.07
Ile	1.02±0.15	1.47±0.08	2.29±0.10	0.65±0.02	1.64±0.34	0.59±0.09	1.13±0.09	1.64±0.04	3.31±0.11	1.27±0.59	1.71±0.14	5.26±0.33	3.38±0.31	3.52±0.20	1.53±0.69	4.43±0.20	4.86±0.14	1.88±0.05
Leu	2.35±0.29	4.46±0.59	8.97±0.57	1.45±0.23	5.49±0.46	11.63±0.53	2.83±0.05	5.87±0.16	15.18±0.12	3.82±0.19	6.31±0.06	25.92±0.61	13.85±0.64	23.43±4.93	5.15±0.85	18.78±3.40	22.19±0.12	6.77±0.07
Tyr	5.13±0.20	6.29±0.16	10.17±0.25	1.24±0.32	7.31±0.23	9.81±0.19	5.32±0.13	7.16±0.72	7.76±0.10	5.90±0.01	6.28±0.26	8.43±0.48	9.78±0.57	14.94±1.80	4.17±0.77	12.79±2.63	14.23±1.35	4.87±0.05
Phe	1.14±0.22	3.90±0.21	7.71±0.06	0.96±0.15	4.60±0.18	9.50±0.61	2.21±0.11	4.55±0.23	11.98±0.47	3.04±0.02	4.82±0.10	20.21±4.18	12.24±0.51	19.42±2.79	5.88±0.78	16.59±2.04	18.76±1.78	7.00±0.09
b-Ala	9.86±0.16	8.72±0.88	12.76±0.68	8.57±0.96	8.62±0.26	11.90±0.28	ND	ND	12.69±0.12	ND	ND	15.05±1.57	ND	ND	11.34±1.16	ND	ND	ND
b-AiBA	ND	3.69±0.16	8.66±0.13	9.35±0.34	3.59±0.16	9.16±0.72	ND	ND	7.56±0.20	ND	ND	10.00±1.91	28.72±3.66	36.22±4.52	ND	19.12±2.08	35.22±3.86	0.36±0.03
g-ABA	1.23±0.25	1.00±0.10	6.16±0.15	1.67±0.07	1.09±0.01	5.60±0.11	0.42±0.04	0.83±0.09	6.77±0.14	0.58±0.04	0.82±0.02	8.44±0.92	5.82±0.10	8.12±0.48	0.82±0.24	6.87±0.12	7.84±0.26	1.41±0.02
EOHNH2	ND	1.61±0.22	5.83±0.14	ND	1.23±0.02	3.52±0.28	ND	1.05±0.17	4.03±0.12	1.19±0.06	ND	5.02±0.21	3.30±0.42	3.61±0.80	ND	3.76±0.72	3.70±0.48	1.30±0.14
NH3	6.09±0.11	7.79±0.17	5.63±0.38	3.18±0.08	3.83±0.01	5.61±0.09	3.31±0.14	3.80±0.12	6.70±0.15	3.43±0.14	3.84±0.15	8.77±0.68	6.46±0.23	8.39±0.79	4.35±0.44	7.47±0.65	8.77±0.19	4.32±0.09
Orn	4.49±0.24	5.28±0.33	7.13±0.39	4.67±0.09	5.66±0.01	10.68±0.87	4.48±0.19	5.57±0.24	15.18±0.12	5.34±0.18	5.71±0.28	23.63±2.74	23.99±3.50	33.86±2.44	5.95±0.80	29.80±2.69	35.18±5.80	14.39±0.22
Lys	1.75±0.10	3.50±0.10	5.92±0.74	2.57±0.14	3.23±0.02	7.31±0.24	1.61±0.12	3.73±0.13	8.82±0.18	2.00±0.09	3.63±0.14	13.37±1.39	9.35±0.37	16.42±3.08	3.46±0.04	12.33±1.19	16.31±2.74	4.58±0.14
His	0.42±0.08	1.04±0.15	1.68±0.15	0.70±0.01	1.01±0.04	2.06±0.14	0.41±0.19	0.93±0.08	2.28±0.13	0.42±0.05	0.79±0.01	3.48±0.95	1.85±0.11	3.43±0.28	0.52±0.06	3.12±0.38	3.78±0.12	0.91±0.07
Car	12.87±0.12	10.79±0.17	5.47±0.22	12.02±0.21	9.45±0.28	9.64±0.11	15.53±0.27	10.05±0.82	13.39±0.31	9.13±0.25	9.68±0.26	ND	18.34±2.17	ND	19.26±2.61	32.22±4.77	36.63±3.22	10.92±1.39
Arg	3.79±0.11	8.33±0.94	11.52±0.55	3.53±0.53	8.70±0.45	9.19±0.20	3.44±0.88	5.94±0.14	4.82±0.21	3.14±0.51	4.10±0.13	5.54±0.41	2.68±0.74	3.07±0.24	1.11±0.02	5.83±0.65	4.40±0.03	2.18±0.10
Total	98.75±2.92	134.59±3.46	182.49±3.10	97.64±2.74	136.73±3.41	205.07±4.89	87.10±2.05	113.02±2.65	229.45±4.00	95.20±1.24	110.55±2.65	332.00±4.38	209.77±4.72	292.02±3.29	91.50±2.11	284.71±3.40	327.50±5.59	113.34±2.88

¹⁾Values are presented as mean±SD (n=3). ²⁾Not detected.

Table 7. The contents of free amino acid of brown rice *Makgeolli* with mixing ratio of *Nuruk* (mg/L)

Free amino acid	Fermented times (25°C, h)																	
	0			24			48			72			96			120		
	Nuruk5%	Nuruk10%	Nuruk15%	Nuruk5%	Nuruk10%	Nuruk15%	Nuruk5%	Nuruk10%	Nuruk15%	Nuruk5%	Nuruk10%	Nuruk15%	Nuruk5%	Nuruk10%	Nuruk15%	Nuruk5%	Nuruk10%	Nuruk15%
Asp	0.33±0.02 ¹⁾	1.74±0.02	0.93±0.04	0.32±0.01	2.08±0.30	1.57±0.06	0.65±0.05	3.58±0.62	3.31±0.12	0.89±0.06	4.33±0.16	4.22±0.20	7.19±0.81	2.68±0.03	0.82±0.09	5.72±0.18	2.48±0.12	0.48±0.01
Thr	0.55±0.04	1.96±0.09	0.78±0.05	0.61±0.02	2.13±0.07	1.24±0.05	1.13±0.04	3.11±0.36	2.64±0.15	1.30±0.57	3.66±0.78	3.30±0.25	6.05±0.26	2.71±0.29	1.37±0.11	5.03±0.22	2.56±0.16	1.09±0.01
Ser	1.15±0.11	3.07±0.03	1.80±0.03	1.11±0.04	3.09±0.03	2.40±0.02	1.63±0.06	4.37±0.10	4.00±0.10	1.71±0.05	5.00±0.10	4.71±0.18	7.85±0.75	4.14±0.07	2.15±0.25	6.49±0.19	3.99±0.27	1.64±0.19
Glu	19.86±2.21	44.49±3.28	39.49±3.62	16.11±2.67	34.16±3.98	44.74±2.39	20.41±3.08	46.56±5.17	43.11±3.49	20.31±2.85	49.18±2.53	45.27±4.74	22.68±2.14	12.17±1.72	7.48±0.74	20.98±1.22	13.82±1.43	6.72±0.92
Gly	5.12±0.13	9.77±0.85	7.80±0.78	4.85±0.14	8.90±0.19	9.23±0.61	5.59±1.23	11.46±1.57	11.86±2.78	5.74±0.16	12.06±1.12	12.48±2.91	19.16±1.18	11.13±1.15	6.52±0.23	16.69±2.15	10.96±1.53	5.67±0.17
Ala	6.45±0.48	14.61±1.54	11.82±2.29	5.94±0.06	13.47±1.71	14.13±0.86	7.50±0.16	15.51±3.82	15.85±1.20	7.47±0.86	16.17±2.10	16.13±1.73	21.08±3.91	14.15±2.27	8.10±0.40	19.12±1.04	14.65±2.70	6.59±0.15
a-ABA	2.24±0.82	2.84±0.11	5.14±0.58	1.77±0.03	3.29±0.83	2.11±0.37	2.11±0.14	3.69±0.74	5.53±1.15	2.09±0.57	4.27±0.57	5.36±0.69	6.88±0.14	5.23±0.68	2.71±0.18	4.61±0.19	4.15±0.77	2.23±0.14
Val	6.02±0.95	11.58±1.99	8.65±0.47	6.29±0.12	10.98±0.96	10.32±1.11	6.47±0.11	13.19±0.77	13.61±2.87	7.00±0.04	13.98±1.83	14.71±2.18	21.09±3.52	12.97±1.79	8.89±0.89	19.46±2.14	13.40±1.31	7.99±0.48
Met	1.89±0.25	3.34±0.20	2.82±0.33	1.50±0.04	3.33±0.15	3.05±0.13	2.40±0.11	7.19±0.89	7.27±0.14	2.32±0.12	7.74±0.61	7.55±0.88	10.12±1.70	7.62±0.88	3.07±0.92	9.48±0.83	4.46±0.29	2.68±0.13
Cysthi	5.78±0.43	7.13±0.15	6.86±0.98	6.32±0.05	6.97±0.35	6.78±0.15	5.68±0.65	ND	ND	5.55±0.84	ND	ND	ND	ND	7.10±0.14	ND	7.94±0.42	7.40±0.23
Ile	0.65±0.11	2.26±0.06	1.61±0.14	0.71±0.01	2.28±0.69	1.97±0.16	0.95±0.01	2.98±0.36	3.14±0.24	1.04±0.35	3.35±0.07	3.54±0.62	5.51±0.53	2.93±0.04	1.63±0.18	4.97±0.13	3.00±0.21	1.53±0.11
Leu	1.45±0.12	9.10±0.22	4.67±0.26	1.74±0.02	9.53±0.07	7.31±0.18	3.08±0.09	13.54±2.68	13.32±3.28	3.53±0.82	15.71±2.20	15.71±1.45	25.91±4.83	12.40±2.48	5.78±0.14	22.50±4.22	12.37±2.28	4.42±0.14
Tyr	1.12±0.15	9.44±0.10	6.72±0.17	1.07±0.12	8.76±0.58	8.42±0.64	1.87±0.06	10.26±1.34	12.19±2.56	1.49±0.25	11.92±1.34	12.86±1.68	5.44±0.23	10.98±0.54	5.29±0.31	6.40±0.37	12.49±1.45	4.91±0.09
Phe	0.92±0.19	7.23±0.60	3.68±0.35	1.16±0.08	7.18±0.92	5.58±0.12	2.00±0.01	9.97±0.94	10.84±2.73	2.39±0.11	12.29±2.14	12.60±2.38	21.48±5.25	11.32±1.57	6.54±0.27	18.96±2.24	11.16±2.11	5.71±0.33
b-Ala	ND ²⁾	8.43±0.91	9.28±0.61	ND	ND	7.89±0.20	ND	ND	13.85±2.33	ND	ND	13.21±2.72	11.88±1.38	10.66±2.41	10.50±1.06	ND	11.68±2.68	ND
b-AiBA	16.54±2.17	4.52±0.15	3.49±0.14	ND	ND	4.40±0.10	18.29±2.69	ND	8.54±0.25	ND	34.47±3.92	ND	9.56±1.12	18.22±3.39	1.96±0.07	24.06±2.91	8.50±0.59	ND
g-ABA	2.01±0.05	2.64±0.08	1.48±0.08	0.65±0.09	2.16±0.16	2.30±0.13	5.30±0.03	2.75±0.18	7.67±0.74	1.10±0.08	7.60±0.62	7.42±0.89	7.31±0.88	5.09±0.48	0.92±0.03	7.98±0.37	6.27±0.43	0.71±0.02
EOHNH2	ND	1.19±0.04	2.02±0.06	1.22±0.07	1.42±0.03	1.32±0.09	5.48±0.24	1.31±0.06	7.50±0.43	1.22±0.16	3.91±0.20	4.51±0.29	3.64±0.94	3.12±0.59	1.07±0.04	4.05±0.60	3.39±0.33	ND
NH3	3.78±0.33	4.86±0.07	3.72±0.06	4.01±0.05	4.25±0.13	3.95±0.07	4.65±0.33	5.51±0.16	6.40±0.41	3.63±0.68	6.77±0.37	6.55±0.35	9.40±0.57	6.01±0.47	4.17±0.21	8.55±0.20	5.88±0.17	3.89±0.07
Orn	4.90±0.21	11.30±2.37	5.65±0.04	0.55±0.12	11.34±0.29	7.47±0.52	6.95±0.21	15.05±0.81	24.67±2.62	5.57±0.76	17.08±0.295	24.92±2.76	33.73±0.13	19.71±2.49	8.29±0.27	21.75±4.69	18.30±3.66	6.38±0.60
Lys	1.94±0.37	4.80±0.09	3.34±0.14	2.88±0.14	6.00±0.15	3.90±0.86	4.89±0.15	8.33±0.94	9.12±1.77	2.95±0.19	10.49±1.26	9.07±0.18	15.12±2.10	8.40±0.94	3.57±0.23	12.86±1.57	8.14±0.91	2.50±0.14
His	0.55±0.02	1.62±0.05	1.30±0.10	0.67±0.09	1.59±0.08	1.49±0.45	1.05±0.08	1.97±0.14	2.65±0.16	0.63±0.02	2.38±0.29	2.34±0.06	3.48±0.34	1.82±0.18	0.75±0.07	3.05±0.52	1.84±0.33	0.59±0.05
Car	10.71±1.75	9.88±0.07	13.29±1.47	9.20±1.00	6.71±0.62	9.94±0.89	8.20±0.79	7.77±0.14	28.41±2.93	ND	3.58±0.12	4.74±0.07	ND	15.33±2.20	11.45±1.70	6.49±0.17	ND	24.37±3.31
Arg	4.91±0.53	5.83±0.09	8.40±0.90	3.24±0.08	3.23±0.14	7.57±0.72	3.06±0.10	2.97±0.11	6.58±0.85	2.13±0.13	2.73±0.10	4.86±0.04	3.34±0.07	10.71±1.62	3.24±0.14	3.82±0.70	11.52±2.24	3.04±0.19
Total	98.84±2.95	183.66±2.67	154.75±2.85	76.43±1.96	152.82±2.39	169.08±3.40	119.35±3.02	191.08±4.35	262.06±4.74	80.05±2.13	248.66±4.72	236.04±4.90	277.89±4.24	209.47±4.76	113.36±3.57	253.02±4.49	192.97±3.83	100.56±2.88

¹⁾Values are presented as mean±SD (n=3). ²⁾Not detected.

1) Values are presented as mean±SD (n=3). 2) Not detected.

조건 및 누룩비율별 품질특성을 진행 후, 막걸리 품질향상 및 제조 표준화에 기여하고자 하였다. 막걸리 제조는 모두 현미 무게 대비 적용비율이며, 증자 후 방랭한 현미에 물 150% (v/w)로 첨가한 다음 누룩 비율 5, 10, 15%를 첨가하고, *S. cerevisiae* SRCM102596 ($8.0 \pm 0.10 \log_{10}$ CFU/mL)를 모든 시료에 10% (v/w)로 첨가하였다. 발효 온도는 20, 25°C로 5일간 발효를 진행하였다. pH, 총산도는 발효가 진행됨에 pH 범위는 낮아졌으며, 총산도는 높아졌다. 알코올 함량은 발효가 진행됨에 따라 높아졌으며 17.15%까지 나타났다. DPPH radical 소거능과 총 폴리페놀 함량 또한 발효가 진행됨에 따라 소량 증가하였으며, 유리당 함량은 glucose 함량이 가장 높게 나타났고, 발효가 진행됨에 따라 maltose는 감소하였다. 유기산 함량은 lactic acid가 가장 높았으며, succinic acid, acetic acid의 순으로 높았다. 유리아미노산은 총 24종이 검출되었으며, 총 유리아미노산 함량은 20°C 누룩비율 10% 시료에서 327.50 ± 5.59 mg/L로 가장 높게 나타났다. 감칠맛을 나타내는 glutamic acid는 누룩 5%에서 25°C로 발효된 시료에서 20.98 ± 1.22 mg/L로 가장 높게 나타났으며, 특히 threonine, serine, alanine 함량은 20°C 누룩비율 10% 시료에서 각각 5.45 ± 0.14 , 7.64 ± 0.28 , 23.16 ± 3.15 mg/L로 가장 높게 나타났다. 유리아미노산의 구체적인 연구가 진행된다면 막걸리의 차별화 전략에 도움이 될 것으로 생각되며, 막걸리 품질 표준화를 위해서는 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

References

- Blois, Marsden S. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*. 461:7: 1199-1200 (1958)
- Budak HN, Guzel-Seydim ZB. Antioxidant activity and phenolic content of wine vinegars produced by two different techniques. *J. Sci. Food Agr.* 90: 2021-2026 (2010)
- Cai Y, Luo Q, Sun M, Corke H. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Sci.* 74: 2157-2184 (2004)
- Choi SR, Kim CS, Kim JY, You DH, Kim JM, Kim YS, Song EJ, Kim YG, Ahn YS, Choi DG. Changes of antioxidant activity and lignan contents in Schisandra chinensis by harvesting times. *Korean J. Med. Crop Sci.* 19: 414-420 (2011)
- Folin O, Denis W. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J. Biol Chem.* 12: 239-243 (1912)
- Han EH, Lee TS, Noh BS, Lee DS. Volatile flavor component in mash Takju prepared by using different nuruks. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 563-570 (1997)
- Jeon MJ, Kim M, Lee DG, Hwang HJ, Kang MS, Kim BK, Lee SW, Jang H, Lee SH. Analysis of properties of Makgeolli made by isolated yeast strains from traditional Makgeolli. *Korean Soc. Biotech Bioeng J.* 27: 21-27 (2012)
- Jeon MH, Lee WJ. Characteristics of blueberry added Makgeolli. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 444-449 (2011)
- Jeong CH, Choi GN, Kwak JH, Kim JH, Choi SG, Shim KH, Heo HJ. In vitro antioxidant activities of cocoa phenolics. *Korean J. Food Preserv.* 17, 100-106 (2010)
- Jeong JW, Park KJ, Kim MH, Kim DS. Changes in quality of spray-dried and freeze-dried Takju powder during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 513-520 (2006)
- Jin TY, Kim ES, Eun JB, Wang SJ, Wang MH. Changes in physico-chemical and sensory characteristics of rice wine, yakju prepared with different amount of red yeast rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 39: 309-314 (2007)
- Jo DH, Chung HJ, Cho HY, Lim ST. Health function and utilization products of germinated brown rice. *Food Sci. Ind.* 44: 76-86 (2011)
- Kim MJ, Lee SY, Kim KB, Song WR, Song EJ, Kim AR, Kim JH, Ji KW, Ahn IS, Ahn DH. Effect of chitosan of shelf-life and quality of Takju. *J. Chitin Chitosan.* 12: 198-204 (2007)
- Kim OS, Park SS, Sung JM. Antioxidant activity and fermentation characteristics of traditional black rice wine. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 1693-1700 (2012)
- Ko MR, Choi HJ, Han DK, Yoo SS, Kim HS, Choi HS, Choi SW, Hur NY, Kim CN, Kim BY, Baik MY. Antioxidative components and antioxidative capacity of brown and black rice. *Food. Eng. Prog.* 15: 195-202 (2011)
- Kwon YH, Lee AR, Kim HR, Kim JH, Ahn BH. Quality Properties of Makgeolli Brewed with Various Rice and Koji. *Korean J. Food Sci. Technol.* 1: 70-76 (2013)
- Lee SJ, Kim JH, Jung YW, Park SY, Shin WC, Park CS, Hong SY, Kim GW. Composition of organic acids and physiological functionality of commercial makgeolli. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43: 206-212 (2011)
- Lee JS, Lee TS, Noh BS, Park SO. Quality characteristics of mash of Takju prepared by different raw materials. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 330-336 (1996)
- Lee HS, Park CS, Choi JY. Quality characteristics of the mashes of takju prepared using different yeasts. *Korean J. Food Sci. Technol.* 42: 55-62 (2010)
- Lee CH, Tae WT, Kim GM, Lee HD. Studies on the pasteurization conditions of Takju. *Korean J. Food Sci. Technol.* 40: 194-200 (1991)
- Lee YJ, Yi HC, Hwang KT, Kim DH, Kim HJ, Jung CM, Choi YH. The Qualities of Makgeolli (Korean Rice Wine) Made with Different Rice Cultivars, Milling Degrees of Rice, and Nuruks. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 1785-1791 (2012)
- Lim S, Jwa MK, Mok C, Park YS, Joo GJ. Changes in microbial counts, enzyme activity and quality of foxtail millet Takju treated with high hydrostatic pressure during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 233-238 (2004)
- Park CW, Jang SY, Park EJ, Yeo SH, Jeong YJ. Quality Characteristics of Rice Makgeolli Prepared by Mashing Types. *Korea J. Food Sci. Technol.* 2: 207-215 (2012)
- Park CW, Jang SY, Park EJ, Yeo SH, Kim OM, Jeong YJ. Comparison of the quality characteristics of commercial makgeolli type in South Korea. *Korean J. Food Preserv.* 18: 884-890 (2011)
- Seo GU, Choi SY, Kim TW, Ryu SG, Park JH, Lee SC. Functional Activities of Makgeolli By-products as Cosmetic Materials. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 4: 505-511 (2013)
- Shin MO, Kang DY, Kim MH, Bae SJ. Effect of growth inhibition and quinone reductase activity stimulation of Makgeolli fractions in various cancer cells. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 37: 288-293 (2008)
- Shon SK, Rho YH, Kim HJ, Bae SM. Takju brewing of uncooked rice starch using Rhizopus koji. *Korean J. Appl Microbiol. Biotech.* 18: 506-510 (1990)
- So MH, Lee YS, Noh WS. Change in Microorganisms and main components during Takju brewing by a modified nuruk. *Korean J. Food Nutr.* 12: 266-232 (1999)
- Son, HS, Park BD, Ko BK, and C. H. Lee. Quality characteristics of makgeolli produced by adding different amounts of water. *Korean J. Food. Sci. Technol.* 43: 453-457 (2011)
- Sosulski F, Krygier K, Hogge L. Free, esterified, and insoluble-bound phenolic acids. 3. Composition of phenolic acids in cereal and potato flours. *J. Agric. Food Chem.* 30: 337-340 (1982)
- Vichapong J, Sookserm M, Srijesdaruk V, Swatsitang P, Srijaranai S. High performance liquid chromatographic analysis of phenolic compounds and their antioxidant activities in rice varieties. *LWT-Food Sci. Technol.* 43: 1325-1330 (2010)
- Wang SJ, Lee HJ, Cho JY, Jang MY, Park KH, Moon JH. Inhibition Effect against the Rat Blood Plasma Oxidation of the Makgeolli (Takju) Korean Rice Wine. *Korean J. food. preservation.* 1: 116-122 (2012a)
- Wang SJ, Lee HJ, Cho JY, Park KH, Moon JH. Isolation and identification of antioxidants from Makgeolli. *Korean J. Food Sci. Technol.* 44: 14-20 (2012b)
- Woo SM, Kim TY, Yeo SH, Kim SB, Kim JS, Kim MH, Jeong YJ. Quality characteristics of alcohol fermentation broth and by-product of brown rice varieties. *Korean J. Food. Preserv.* 14: 557-563 (2007)
- Woo SM, Shin JS, Seong JH, Yeo SH, Choi JH, Kim TY, Jeong YJ. Quality characteristics of brown rice Takju by different Nuruks. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 301-307 (2010)