

## 발효조건을 달리하여 제조한 현미 막걸리의 품질특성

백창호<sup>1</sup>, 최지호<sup>1</sup>, 최한석<sup>1</sup>, 정석태<sup>1</sup>, 김재현<sup>1</sup>, 정용진<sup>2</sup>, 여수환<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부

<sup>2</sup>계명대학교 식품가공학과

Received : October 15, 2012 / Revised : January 22, 2013 / Accepted : February 21, 2013

**Quality Characteristics of Brown Rice *Makgeolli* Produced under Differing Conditions.** Baek, Chang-Ho<sup>1</sup>, Ji-Ho Choi<sup>1</sup>, Han Seok Choi<sup>1</sup>, Seok-Tae Jeong<sup>1</sup>, Jae Hyun Kim<sup>1</sup>, Yong-Jin Jeong<sup>2</sup>, and Soo-Hwan Yeo<sup>1\*</sup>. <sup>1</sup>Fermented Food Science Division, Department of Agro-food Resource, NAAS, RDA, Suwon 441-853, Korea, <sup>2</sup>Department of Food Science and Technology, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea

In this study we investigated the possibility of preparing brewed brown rice *makgeolli*, a traditional Korean rice wine, under diverse conditions. For this purpose the physicochemical characteristics of *makgeolli* brewed at different temperatures, utilizing a variety of *nuruks*, the traditional Korean fermentation agent, were studied. The alcohol content was seen to be highest when brewing occurred at 30°C, with the *nuruk* TN producing 16.2%. At 20°C TN produced 14.1% alcohol content. The alcohol content was therefore higher, by about 2%, for 30°C fermentations than 20°C fermentations. Similarly, saccharifying activity was influenced by temperature and sugar content, with a higher activity seen at 30°C than at 20°C. As the fermentations progressed acidification petered out, with titratable acidity being 0.50-0.67% in all end samples. On the Hunter L, a, b scale; the a value decreased slightly, while the b value increased steadily during the fermentation process. Measurements of total organic acids were highest at 30°C, with the *nuruk* AK, at about 550 mg%. The content of citric acid was the highest at 30°C, being 230-310 mg% in all samples. However, more lactic acid was detected at 20°C than at 30°C. Total free amino acid was highest at 30°C, with TN at 8,605 µg/ml, AK at 6,083 µg/ml, and RJ at 2,381 µg/ml. Total free amino acid and essential amino acid was shown to be higher at 30°C than at 20°C. The bioactive substance  $\gamma$ -aminobutyric acid was also higher at 30°C, with TN at 223 µg/ml. From all of these results, we surmise that brown rice *makgeolli* manufacturing conditions are optimal at 30°C fermentation temperatures and using the *nuruk* TN for brewing *vinegar*. In addition, the *nuruk* used clearly affects the quality of brown rice *makgeolli* and an appropriate method to determine the best *nuruk* for various purposes should be pursued.

**Keywords:** Saccharifying activity, static fermentation, *makgeolli*, *nuruk*, organic acid

### 서 론

오래 전부터 농가에서는 막걸리로 식초를 빚어 음식에 맛을 내는 조미료로 사용하였으며, 최근에는 쌀 소비 촉진과 건강에 대한 관심 증가로 다양한 식초가 개발되고 있다[22]. 우리나라 술을 대표하는 막걸리는 주로 멥쌀을 원료로 누룩을 이용하여 빚는 발효 곡주이다[18]. 이 술은 일반 주류와는 달리 당질, 비타민 B군 및 단백질 등이 풍부하고, 다양한 아미노산(valine, leucine, serine, proline, glycine)들이 풍부할 뿐만 아니라 약주와 과일주보다도 영양가가 우수한 것

으로 알려져 있다[1]. 생 막걸리는 효모와 유산균이 살아있어 살균 막걸리보다 양조적성과 소비자 인지도가 높은 특성을 가지고 있다[4, 16].

막걸리의 주원료는 멥쌀, 찰쌀, 소맥분 등을 사용하지만 지역에 따라서는 옥수수, 고구마, 보리, 좁쌀 등 다양한 잡곡류로 차별화된 막걸리를 제조하고 있다[19]. 주원료인 쌀은 도정 정도에 따라 현미와 백미로 구분되며, 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 그 활용성이 크게 대두되고 있다[6, 9, 21].

현재, 막걸리제조는 누룩만을 이용하는 전통방식과 개량 누룩에 효모를 첨가하는 방식으로 술을 빚고 있다[1]. 최근에는 주로 무증자 효소를 이용하는 당화법[8, 11, 17], 첨가

#### \*Corresponding author

Tel: +82-31-299-0580, Fax: +82-31-299-0554

E-mail: yeobio@korea.kr

© 2013, The Korean Society for Microbiology and Biotechnology

원료[7, 19], 발효법[5], 발효미생물[10] 및 사용 발효제 종류별[12, 3]로 우리술 연구를 하고 있다. 특히, 우리나라 고유의 전통방식인 농가형 식초를 빚기 위한 막걸리 제조 및 이들 품질 개선에 대한 연구는 상당히 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 전통 양조식초의 발효법과 이미·이취 등의 문제점을 해결하기 위해, 자체 개발한 밀누룩으로 현미 막걸리를 제조하여 이들의 품질특성을 비교 검토하였으며, 향후, 이를 활용한 농가형 양조식초 제조의 품질지표 기초자료로 활용하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 사용원료 및 균주

본 실험에 사용한 현미는 경기도 이천지역에서 재배된 일반계 현미(2010産)를 사용하였으며, 누룩 제조에 사용한 밀과 밀기울은 전북 익산 지역에서 생산(2010産)된 것을 사용하였다. 발효 술덧의 일반성분 및 유기산 분석에 사용한 시약은 Sigma Co.(USA) 및 시중에 시판되는 Sigma-aldrich 특급품을 사용하였다. 정치발효에 사용한 향아리는 (주)갈산토기(4 L)로부터 구입하였다. 알코올 발효에 사용한 효모는 농촌진흥청 발효식품과에서 보관중인 *Saccharomyces cerevisiae* GRJ를 YPD배지(yeast extract 1%, peptone 2%, glucose 2%, agar 2%, pH 6.0)에 계대배양하여 4°C에서 냉장 보관하면서 사용하였다.

### 주모 및 누룩제조

본 연구에 사용한 주모는 현미(100 g)에 누룩(10%)을 첨가하여 55°C에서 6시간 당화시킨 후, 여과한 여액을 10°Brix로 보정한 다음, 121°C에서 15분간 고압살균하고 *Sac. cerevisiae* GRJ 접종하여 향은 배양기(EYELA SLI-700, Rikakikai Co., Ltd., Tokyo, Japan)에서 30°C, 24시간 배양한 후, 사용하였다. 누룩제조는 분쇄밀과 밀기울을 혼합하고, 각각의 사상균[*Asp. kawachii* (AK), *Rhi. japonicus* (RJ)]을 밀기울 액체배지에 배양한 후, 액체종국 3%를 밀누룩에 접종하여 제조하였으며, 대조구로 사상균을 접종하지 않은 것을 Control (TN)로 사용하였다. 누룩제조는 30°C에서 습도 90%조건으로 30일간 발효시켜 건조(50°C, 24 h) 및 법제된 것을 사용하였다.

### 현미 막걸리 제조

현미 막걸리제조는 현미 1 kg를 세미 및 칩미를 하고 증자 후, 냉각시켜 각각의 발효제인 누룩(TN, AK, RJ)을 10% (w/w) 첨가하고, 160%(v/w)로 가수한 다음, 주모를 5% (v/w) 접종하여 발효 온도 별(20°C, 30°C)로 9일간 발효시켜 막걸리를 빚었다.

### 알코올 함량 및 당도

발효 술덧 내의 알코올 함량 분석은 발효 술덧을 부직포로 조여과한 여액을 증류하여 주정계로 눈금을 읽고 Gay-Lussac table로 보정하여 나타내었으며[14], 당도는 술덧의 여액을 디지털 당도계(PR-32 $\alpha$ , ATAGO Co., Japan)를 이용하여 측정하였다.

### 적정산도 및 pH

적정산도는 시료 1 ml에 1% phenolphthalein 지시약 1-2 방울 떨어뜨린 다음, 0.1 N NaOH 용액으로 적정한 후, acetic acid (%)로 환산하였으며, pH는 pH meter (Model 520A, Orion Co Ltd., USA)를 사용하여 측정하였다.

### 색도

색도는 색차계(UltraScan<sup>®</sup> Pro, Hunter Associates Laboratory, Inc., Reston, USA)로 측정하여 명도(L), 적색도(a), 황색도(b) 값을 측정하여 Hunter's color value로 나타내었다. 대조구는 증류수(L = 96.31, a = 0.01, b = -0.04)를 사용하였다.

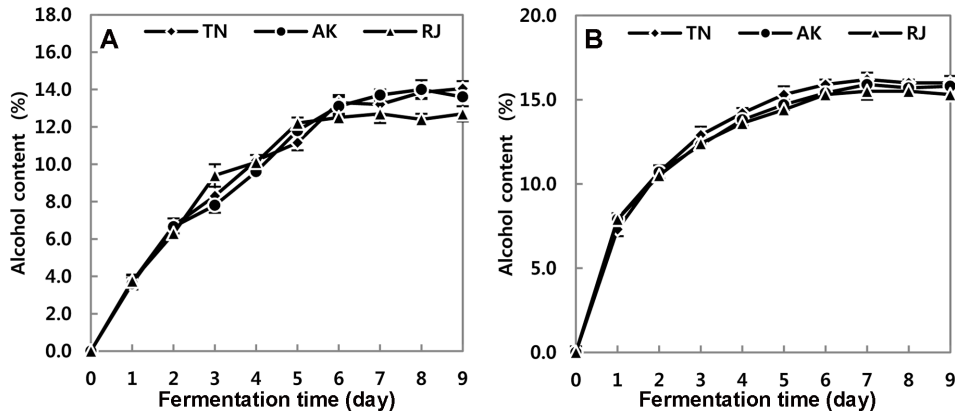
### 유기산 및 유리아미노산 분석

유기산은 발효 술덧을 HLB Sep-pak C<sub>18</sub> cartridge (Waters Co., USA)에 통과시켜 HPLC (Sycam, S-series, Germany)를 이용하여 분석하였다. 분석 column은 Aminex HPX-87H (300 mm×7.8 mm, Bio-rad Co., USA), mobile phase는 8 mM sulfuric acid를 사용하였고, flow rate는 0.6 ml/min, injection volume은 20  $\mu$ l로 하여 UV detector (SPD-10A, 210 nm)에서 검출하였다[2]. 초산 발효액의 유리아미노산 정량은 시료 1 ml를 0.02 N HCl 용액에 20배 희석하고 0.2  $\mu$ M membrane filter (Millipore Co. Ireland)로 여과한 후, amino acid analysis system (Hitachi L-8900, Japan)을 이용하여 분석하였다[15].

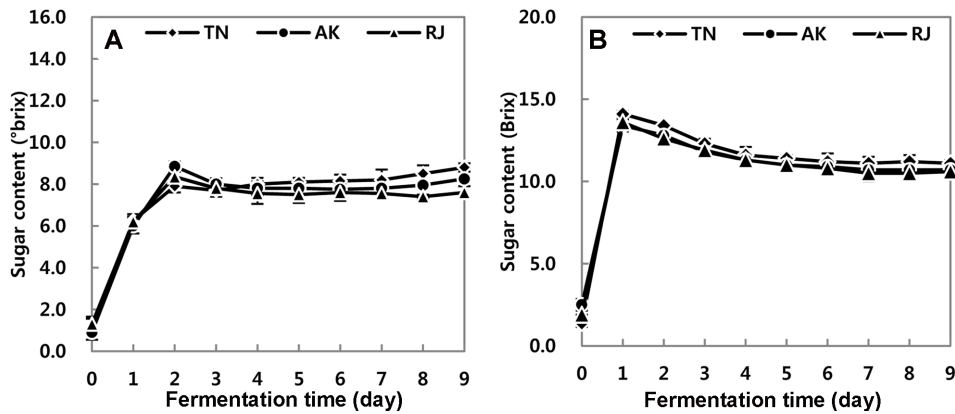
## 결과 및 고찰

### 현미 막걸리의 술덧성분 변화

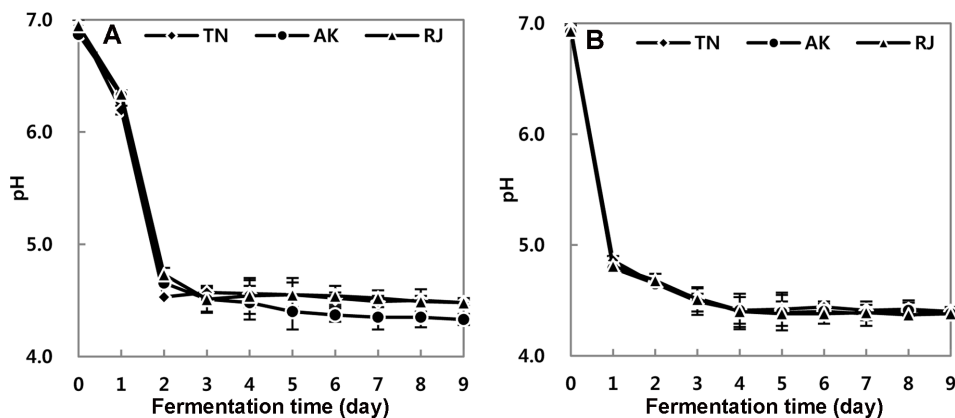
현미 1 kg에 담금수160% (v/w)로 가수한 다음, 각각의 발효제를 10% 첨가하여 온도(20°C, 30°C)를 달리하여 알코올 발효한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 발효제에 따른 알코올 생성능은 20°C의 경우, 발효 6일째 사상균을 접종하지 않은 TN의 알코올 생성능은 13.2%, AK는 13.1%, RJ는 12.5%로 완만히 상승하였으며(Fig. 1A), 그 이후에는 큰 변화가 없었다. 30°C의 경우, 발효 초기에 알코올이 급격히 상승하다가 4일부터 완만히 상승하였으며, 발효 7일째 TN (16.2%), AK (15.9%), RJ (15.5%) 순으로 높은 알코올 도수를 나타낸



**Fig. 1. Changes in alcohol content by traditional static fermentation at different temperatures.**  
 (A): 20°C; (B): 30°C; TN: control; AK: *Asp. kawachii*; RJ: *Rhi. japonicus*. Values are mean  $\pm$  SD ( $n = 2$ )



**Fig. 2. Changes in sugar content by traditional static fermentation at different temperatures.**  
 (A)~(B): refer to Fig. 1, Values are mean  $\pm$  SD ( $n = 2$ )



**Fig. 3. Changes in pH by traditional static fermentation at different temperatures.**  
 (A)~(B): refer to Fig. 1, Values are mean  $\pm$  SD ( $n = 2$ )

이후, 큰 변화는 없었다(Fig. 1B). 발효온도에 따른 알코올 생성능은 20°C보다 30°C에서 평

균 2% 정도 높게 나타났다. 당도는 20°C에서 발효 2일째 가장 높았으며(8.3 °Brix), 그 이후 일정하게 유지되었고(Fig.

2A), 30°C의 경우, 발효 1일째 14 °Brix를 나타낸 후 조금씩 감소(Fig. 2B)하는 것으로 보아 발효제에 따른 당화력은 저

온보다 중온에서 높은 것으로 보아, 알코올 함량에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 동일한 발효온도에서 발효제에

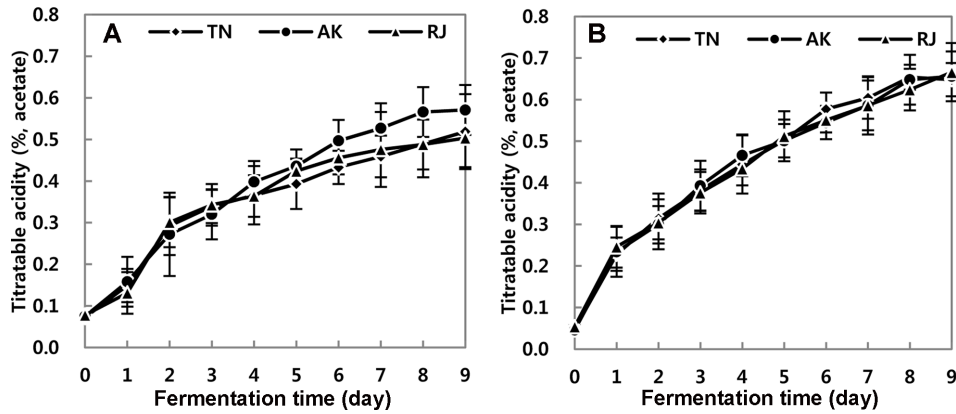


Fig. 4. Changes in titratable acidity by traditional static fermentation at different temperatures. (A)~(B): refer to Fig. 1, Values are mean ± SD (n = 2)

Table 1. Changes in hunter's color values during alcohol fermentation by static fermentation at different temperature.

Temp.	Nuruk <sup>a)</sup>	Hunter's Color <sup>b)</sup>	Fermentation times (day)									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30°C	TN	L	92.76±0.03 <sup>c)</sup>	92.06±0.02	92.21±0.00	92.17±0.02	91.26±0.03	91.32±0.04	91.42±0.04	91.62±0.05	91.41±0.02	91.67±0.02
		a	-0.90±0.01	-1.47±0.00	-1.39±0.01	-1.58±0.01	-1.56±0.01	-1.59±0.02	-1.57±0.01	-1.60±0.01	-1.90±0.01	-2.03±0.01
		b	8.79±0.02	15.70±0.01	15.69±0.00	16.34±0.01	16.88±0.02	17.31±0.03	17.75±0.02	17.96±0.02	18.28±0.01	18.08±0.01
		ΔE	9.56±0.01	16.35±0.00	16.28±0.01	17.02±0.02	17.77±0.02	18.02±0.02	18.45±0.02	18.69±0.01	19.07±0.02	18.82±0.02
	AK	L	93.29±0.03	92.22±0.02	92.47±0.00	92.66±0.01	91.96±0.02	91.95±0.03	91.91±0.03	91.97±0.03	91.57±0.02	91.80±0.01
		a	-1.19±0.02	-1.23±0.01	-1.09±0.00	-1.31±0.01	-1.35±0.01	-1.34±0.01	-1.31±0.02	-1.29±0.02	-1.67±0.02	-1.73±0.00
		b	11.52±0.03	15.54±0.01	13.84±0.01	14.04±0.00	14.47±0.01	14.88±0.02	15.26±0.01	15.64±0.02	16.40±0.01	16.00±0.00
		ΔE	11.98±0.03	15.17±0.00	14.42±0.01	14.65±0.01	15.25±0.01	15.36±0.03	15.82±0.02	16.35±0.02	17.21±0.01	16.77±0.01
	RJ	L	91.76±0.03	91.76±0.00	92.65±0.023	92.35±0.03	92.00±0.02	91.95±0.04	91.89±0.03	91.80±0.04	91.55±0.03	91.78±0.02
		a	-1.07±0.01	-1.23±0.01	-1.14±0.01	-1.29±0.03	-1.39±0.02	-1.35±0.01	-1.38±0.02	-1.31±0.01	-1.75±0.01	-1.83±0.01
		b	11.24±0.02	13.43±0.00	13.25±0.02	14.63±0.02	14.98±0.02	15.35±0.03	15.77±0.03	16.11±0.03	16.75±0.02	16.57±0.01
		ΔE	12.21±0.03	13.99±0.00	13.81±0.01	15.30±0.02	15.73±0.02	16.02±0.02	16.55±0.03	16.85±0.02	17.56±0.03	17.33±0.01
20°C	TN	L	92.65±0.03	92.08±0.02	92.26±0.03	92.21±0.01	91.88±0.02	91.68±0.00	91.65±0.04	91.23±0.00	91.54±0.01	91.35±0.04
		a	-0.91±0.02	-1.55±0.02	-1.47±0.01	-1.59±0.01	-1.60±0.00	-1.60±0.00	-1.62±0.01	-1.81±0.00	-1.88±0.00	-1.97±0.02
		b	8.87±0.02	14.87±0.01	14.65±0.01	15.01±0.00	15.03±0.00	15.54±0.00	15.24±0.02	15.99±0.00	16.28±0.01	16.38±0.01
		ΔE	9.56±0.01	15.12±0.02	14.96±0.02	15.38±0.00	15.41±0.01	15.88±0.00	15.62±0.02	16.32±0.00	16.69±0.01	16.73±0.02
	AK	L	93.20±0.01	93.18±0.03	92.88±0.02	92.56±0.02	92.66±0.03	92.32±0.04	91.78±0.03	92.02±0.05	91.85±0.03	91.46±0.03
		a	-1.10±0.01	-1.10±0.02	-1.14±0.01	-1.20±0.02	-1.26±0.03	-1.32±0.02	-1.28±0.01	-1.31±0.01	-1.36±0.01	-1.39±0.01
		b	9.38±0.02	12.68±0.02	13.02±0.01	13.00±0.01	13.47±0.03	13.66±0.03	13.83±0.02	14.21±0.03	14.63±0.01	14.49±0.02
		ΔE	9.56±0.01	12.88±0.02	13.27±0.01	13.18±0.01	14.00±0.03	14.66±0.02	14.83±0.02	15.21±0.02	15.63±0.01	15.49±0.03
	RJ	L	92.66±0.01	92.51±0.03	92.73±0.00	92.41±0.02	92.22±0.02	92.05±0.05	91.46±0.04	91.58±0.04	91.32±0.03	91.22±0.03
		a	-1.07±0.00	-1.14±0.02	-1.16±0.00	-1.23±0.01	-1.40±0.01	-1.41±0.01	-1.45±0.01	-1.57±0.02	-1.63±0.01	-1.78±0.01
		b	9.54±0.01	9.77±0.02	10.12±0.00	10.48±0.01	11.02±0.02	11.85±0.02	12.66±0.02	13.26±0.03	14.18±0.01	14.88±0.01
		ΔE	9.78±0.00	9.89±0.02	10.54±0.00	10.77±0.01	11.26±0.01	12.54±0.03	12.87±0.02	13.44±0.03	14.67±0.02	15.08±0.01

a) TN: Control; AK: *Asp. kawachii*; RJ: *Rhi. japonicus*.

b) L: Lightness; a: Redness; b: Yellowness.

c) Values are mean ± SD (n = 2).

따른 당도 차이는 없는 것으로 나타났다(Fig. 2). 30°C 발효에서 당도 변화는 김 등[7]이 보고한 결과처럼 담금 1일차에 급격히 증가한 이후, 서서히 감소하는 경향을 나타내었다. 온도에 따른 pH 변화는 20°C 발효액이 6.9에서 4.5로 발효 2일째 급격히 감소한 후, 일정하게 유지되었다(Fig. 3A). 30°C 발효액의 pH는 6.9에서 4.8로 크게 감소한 이후, 발효기간이 늘어나도 pH 변화는 일정하게 유지되었다(Fig. 3B). 알코올 발효 종료시 각각의 pH는 4.5와 4.4로 온도에 따른 pH 변화는 크게 없었다. 보통 막걸리 발효 pH는 4.0에서 4.6 범위인데 본 연구에서 현미 막걸리의 pH도 유사한 범위인 것으로 확인되었다[6]. 발효액의 적정산도는 발효가 끝날 때까지 지속적으로 증가하였는데(Fig. 4), 20°C에서 AK 발효제로 빚은 발효 술덧의 적정산도는 가장 높았고(0.57%, Fig. 4A), 30°C 발효액은 0.65-0.66% 범위로 나타나 발효 술덧의 산패 가능성은 없는 것으로 확인되었다(Fig. 4B). 김 등[5]의 보고에 따르면 적정산도는 온도가 높을수록 더 많은 유기산을 생성하고 산의 생성속도 또한 빠르다는 결과와 유사하였다. 발효온도와 발효제에 따른 현미 막걸리의 색차계 결과를 Table 1에 나타내었다. 20°C에서 빚은 술덧의 발효 초기 L 값은 각각 TN 92.76, AK 93.29, RJ 91.76이었으며, 발효종료 후, RJ를 제외하고 조금 감소하였다. 30°C 발효 술덧의 발효 초기 L 값은 TN 92.65, AK 93.20, 92.66에서 발효종료 후, 모두 감소하였으며, 20°C 발효 술덧 보다 감소폭이 더 큰 것으로 나타났다. a 값은 모든 발효 술덧에서 발효 초기에 비해 발효 종료시에 조금 낮은 경향이었으며, b 값은 발효가 진행됨에 따라 꾸준히 상승하는 것으로 나타났으나 20°C 발효 술덧의 상승폭이 더 크게 나타났지만 온도와 누

룩종류에 따라서 큰 차이는 없는 것으로 나타났다. 우 등[22]은 현미탁주의 색도는 주원료는 동일하나 부원료인 누룩의 종류에 따라 알코올 함량, 색도, 갈색도 등이 차이가 난다는 보고와는 상이한 결과를 보였다. 이는 본 연구에서 사용한 누룩이 누룩제조사 접종한 사상균의 종류가 아니라 사용된 원료에 따라 차이가 발생한다고 여겨진다.

#### 현미 술덧의 유기산 함량

알코올 발효(9일)를 종료한 뒤, 발효 온도에 따른 술덧 내 생성된 유기산을 분석하였다(Table 2). 20°C에서 발효한 현미 막걸리의 유기산은 9종이 검출되었으며, 그 중 citric acid 함량이 200 mg% 이상으로 가장 많이 검출되었다. 또한 30°C에서 발효한 술덧도 9종의 다양한 유기산이 검출되었으며, 그 중 citric acid는 300 mg% 이상으로 20°C 발효술덧보다 1.5배 이상 높게 검출되었다. Citric, malic, succinic, acetic 및 pyroglutamic acid 함량은 20°C보다 30°C 발효 술덧에서 더 많이 검출되었으며, lactic acid는 오히려 20°C 술덧에서 더 많이 검출된 것으로 보아 온도에 따라 유기산 함량의 차이가 있는 것으로 나타났다. 김 등[7]은 현미 막걸리의 주된 유기산은 acetic, succinic, malic acid 순이라는 보고와, 우 등[22]은 누룩의 종류에 따라 현미 막걸리의 유기산 중 대부분이 lactic acid라고 보고한 결과와는 다르게 나타났는데, 이는 사용한 발효제 종류, 발효조건 등에 따라 유기산 조성과 함량에 차이가 있는 것으로 여겨진다.

#### 현미 술덧의 유리아미노산 변화

알코올 발효(9일)를 종료한 후, 발효온도에 따라 현미 막

Table 2. Organic acid composition of brown rice *makgeolli* after traditional static fermentation at different temperatures.

Organic acid	20°C			30°C		
	TN <sup>a</sup>	AK	RJ	TN	AK	RJ
Oxalic acid	5.2	5.4	3.84	7.15	5.45	6.91
Citric acid	254.21	260.64	234.07	315.48	300.75	302.45
Tartaric acid	2.45	4.88	4.19	n.d <sup>b</sup>	n.d	1.67
Malic acid	5.51	6.44	7.15	25.39	17.00	29.24
Succinic acid	67.2	61.12	66.33	78.77	86.92	96.31
Fumaric acid	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Lactic acid	62.98	91.15	86.73	51.27	80.77	35.11
Formic acid	n.d	0.18	n.d	n.d	n.d	n.d
Acetic acid	30.7	44.33	17.81	48.58	53.12	38.55
Pyroglutamic acid	n.d	0.88	n.d	12.83	6.25	6.97
Total	428.25	475.02	420.12	539.47	550.26	517.20

<sup>a</sup>TN: Control; AK: *Asp. kawachii*; RJ: *Rhi. japonicus*.

<sup>b</sup>Not detected.

걸리에 생성된 유리아미노산 분석 결과를 Table 3에 나타내었다. 20°C 발효 술덧의 경우, TN, AK, RJ이 각각 24, 25, 22종의 유리아미노산이 검출되었고 그 중에 proline, arginine,

alanine 및 glutamic acid가 주된 아미노산으로 100 µg/ml 이상 검출되었다. 발효제 별로 살펴보면, TN 1,136, AK 1,210, RJ 555 µg/ml 순으로, AK 발효제를 사용한 술덧의

**Table 3. Free amino acid composition of brown rice *makgeolli* after traditional static fermentation at different temperatures.**

(Units : µg/ml)

Free amino acid	Fermentation temperature					
	20°C			30°C		
	TN <sup>a</sup>	AK	RJ	TN	AK	RJ
Urea	0.00	3.79	0.00	34.31	38.33	9.40
Aspartic acid	29.60	31.56	11.98	400.17	243.34	105.83
Threonine <sup>b</sup>	15.13	17.08	5.92	267.93	162.56	78.05
Serine	29.40	32.06	10.64	432.85	285.43	132.85
Glutamic acid	106.88	111.26	44.94	767.43	585.04	266.66
α-Aminoadipic acid	0.00	0.00	0.00	42.11	31.60	7.98
Glycine	57.40	51.09	32.88	371.33	239.39	106.36
Alanine	109.32	103.97	63.47	821.03	537.74	229.12
Citrulline	0.00	0.00	0.00	12.34	6.22	0.00
α-Aminobutyric acid	0.00	0.00	0.00	31.18	6.34	0.00
Valine <sup>b</sup>	50.25	62.51	26.63	445.19	297.01	143.40
Cystine	0.00	0.00	0.00	176.42	108.12	29.33
Methionine <sup>b</sup>	18.14	31.64	6.56	204.11	144.12	51.52
Cystathionine	5.19	10.14	2.77	53.56	45.75	0.00
Isoleucine <sup>b</sup>	22.48	25.82	8.17	326.19	218.90	88.62
Leucine <sup>b</sup>	65.57	77.38	24.14	682.56	484.17	192.70
Tyrosine	58.72	67.59	25.63	465.37	361.95	137.63
Phenylalanine <sup>b</sup>	49.61	67.45	24.38	487.20	354.46	134.14
β-Alanine	0.96	5.76	0.00	24.38	29.29	0.65
β-Aminobutyric acid	1.17	4.26	0.89	80.20	81.24	7.78
γ-Aminobutyric acid	4.52	3.67	1.57	223.19	142.58	45.15
Ethanolamine	15.39	11.51	11.67	21.74	17.59	8.26
Ammonia	18.35	16.56	14.29	51.84	44.20	18.65
Hydroxylysine	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ornithine	4.68	4.01	3.11	155.08	129.98	31.56
Lysine <sup>b</sup>	48.63	62.42	11.42	459.36	325.71	130.23
Histidine <sup>b</sup>	7.59	11.10	0.00	124.84	85.43	33.61
Anserine	0.00	0.00	0.00	34.24	0.00	0.00
Carnosine	0.00	0.00	0.00	6.03	0.00	0.00
Arginine <sup>b</sup>	119.46	145.79	42.96	817.56	630.10	222.01
Hydroxyproline	7.03	5.74	8.96	8.44	8.78	0.00
Proline	291.41	246.39	172.25	577.43	438.62	169.60
<b>Total amino acid</b>	<b>1136.85</b>	<b>1210.57</b>	<b>555.23</b>	<b>8605.60</b>	<b>6083.99</b>	<b>2381.08</b>
<b>Essential amino acid</b>	<b>396.86</b>	<b>568.78</b>	<b>150.18</b>	<b>3814.94</b>	<b>2702.46</b>	<b>1074.28</b>

<sup>a</sup>TN: Control; AK: *Asp. kawachii*; RJ: *Rhi. japonicus*.

<sup>b</sup>Essential amino acids.

총 유리아미노산이 가장 많이 생성된 것으로 나타났다. 또한 필수아미노산 함량은 각각 TN 396, AK 501, RJ 150 µg/ml 으로 나타나 발효제 종류에 따라 차이가 큰 것으로 확인되었다. 30°C 발효 술덧에서 TN, AK, RJ는 각각 31, 29, 25종의 유리아미노산이 검출되었으며, 주요 아미노산(aspartic, serine, glutamic, alanine, valine, leucine, tyrosine, phenylalanine, lysine, arginine, proline) 11종은 400에서 800 µg/ml 이상 검출되었다. 총 아미노산 함량은 TN 8,605, AK 6,083, RJ 2,381 µg/ml으로 나타나 20°C 발효 술덧보다 더 많은 유리아미노산이 생성된 것으로 나타났다. 필수아미노산 함량은 30°C 발효 술덧에서 각각 TN 3,814, AK 2,702, RJ 1,074 µg/ml이 검출된 것으로 보아 동일한 온도에서 발효를 하더라도 사용하는 발효제에 따라 아미노산 함량 차이가 있었는데, 20°C 발효 술덧 보다 적게는 5배, 많게는 10배 정도 차이가 있는 것으로 나타났다. 신맛을 내는 aspartic acid는 30°C의 TN에서 400 µg/ml, 20°C에서는 29 µg/ml이 검출된 것으로 보아 20°C보다 30°C 발효 술덧에서 약 14배 더 많이 검출되었고, 감칠맛을 내는 glutamic acid도 30°C TN에서 767 µg/ml, 20°C AK에서 111 µg/ml이 검출되었다. 특히, 현미의 주된 생리활성물질인  $\gamma$ -aminobutyric acid 함량 역시 30°C TN과 AK에서 각각 223 µg/ml, 142 µg/ml이 검출되어 다른 실험구보다 높게 나타났다. 또한, 발효 온도에 따라서 가장 많이 검출된 아미노산이 다르게 나타났는데 20°C의 경우, TN, AK, RJ 모두 proline이 각각 291, 246, 172 µg/ml 검출되었으며, 30°C의 경우 TN은 alanine이 821 µg/ml, AK는 arginine이 630 µg/ml, RJ는 glutamic acid가 267 µg/ml으로 나타났다. 우 등[22]은 발효제 종류에 따라 유리아미노산의 조성이 크게 달라졌으며, 신맛, 감칠맛, 단맛 및 쓴맛을 나타내는 유리아미노산이 균형 있게 다량 함유되어 있다는 보고한 결과와 유사하게 나타났으며, 발효온도가 높을수록 유리아미노산이 더욱 풍부하게 함유되어 있는 것을 알 수 있다.

이상의 결과로 보아, 사용하는 누룩 종류와 발효온도에 따라, 현미 막걸리의 품질이 결정되는 것으로 보아 기능성과 영양학적으로 우수한 발효제를 선정하여 막걸리를 빚는 것이 주질 향상에 도움이 될 것으로 여겨진다.

## 요 약

본 연구는 발효조건을 달리한 현미 막걸리의 술덧성분 변화를 조사하였다. 서로 다른 발효제와 발효온도에 따른 알코올의 차이는 30°C 발효가 20°C보다 알코올 도수가 평균 2% 정도 높은 것으로 나타났다. 당화력 차이는 발효 초기부터 20°C보다 30°C 발효액의 당도가 높게 나타난 것으로 보아 알코올 도수에도 영향을 미치며, pH는 발효 4일까지는 서서

히 감소하였고 그 이후, 변화의 폭은 크지 않았다. 적정산도는 발효가 끝날 때까지 지속적으로 증가하였으며, 20°C AK의 적정산도가 가장 높게(0.57%) 나타났고, 30°C 발효 술덧에서는 0.66%로 산패 가능성은 없었다. 색도 중 L 값과 a 값은 발효초기의 모든 술덧에 비해 발효 종료시점에 조금 낮아지며, b 값은 발효가 진행됨에 따라 꾸준히 상승하였다. 발효 술덧의 유기산은 총 9종이 검출되었으며, 그 중 citric acid 함량이 가장 높게 나타났다. Lactic acid는 오히려 20°C 발효술덧에서 더 많이 검출된 것으로 보아 발효온도에 따라 생성된 유기산이 차이가 있었다. 유리아미노산 함량은 발효제 종류 및 발효온도에 따라 크게 차이가 있었고, 유리아미노산은 20°C보다 30°C 발효 술덧에 많이 있었다. 이상의 결과를 살펴보면, 30°C에서 제조한 현미 막걸리가 더욱 우수한 품질을 가지며, 누룩 종류 및 발효온도에 따라서 현미 막걸리의 주질이 결정된다. 향후, 농가형 흑초 제조에 적합한 현미 막걸리의 술덧 제조가 가장 중요하다고 여겨진다.

## Acknowledgements

This study was carried out with the support of Cooperative Research Program for Agricultural Science & Technology Development (PJ008488), Rural Development Administration, Republic of Korea and Research program for Agricultural Science & Technology Development (PJ006764), National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Republic of Korea.

## References

- Bae, S. M., Y. H. Lee, M. K. Lee, S. A. Kang, and C. Cheong. 2008. Effect of traditional *nuruk* ration and yeast on the fermentation and quality of *yakju*. *J. East. Asian. Soc. Dietary Life*. **18**: 41-48.
- Cho, K. S., E. Y. Jong, and M. K. Kim. 2012. Brewing and quality characteristics of *Schisandrachinensis*Yakju. *J. Appl. Biol. Chem.* **55**: 163-167.
- Han, E. H., T. S. Lee, B. S. Noh, and D. S. Lee. 1997. Quality characteristics in mash of *makgeolli* prepared by using different *nuruk* during fermentation. *Korean J. Food Technol.* **29**: 555-562.
- Han, E. H., T. S. Lee, B. S. Noh, and D. S. Lee. 1997. Volatile flavor components in mash of *makgeolli* prepared by using different *nuruks*. *Korean J. Food. Sci. Technol.* **29**: 563-570.
- Jin, T. Y., H. J. Chung, and J. B. Eun. 2006. The effect of fermentation temperature on the quality of *Jinyangju*, a Korean traditional rice wine. *Korean J. Food. Sci. Technol.* **38**: 414-418.
- Jo, D. H., H. J. Chung, H. Y. Cho, and S. T. Lim. 2011. Health function and utilization products of germinated brown rice. *Food. Sci. Ind.* **44**: 76-86.

7. Kim, H. R., S. J. Jo, S. J. Lee, and B. H. Ahn. 2008. Physico-chemical and sensory characterization of a Korean traditional rice wine prepared from different ingredients. *Korean J. Food. Sci. Technol.* **40**: 551-557.
8. Kim, M. J., B. H. Kim, J. K. Han, S. Y. Lee, and K. S. Kim. 2011. Analysis of quality properties and fermentative microbial profiles of *makgeolli* and *yakju* brewed with or without steaming process. *J. FdHyg. Safety* **26**: 64-69.
9. Ko, M. R., H. J. Choi, D. K. Han, S. S. Yoo, H. S. Kim, H. S. Choi, S. W. Choi, N. Y. Hur, C. N. Kim, B. Y. Kim, and M. Y. Baik. 2011. Antioxidative components and antioxidative capacity of brown and black rice. *Food. Eng. Prog.* **15**: 195-202.
10. Lee, H. S., C. S. Park, and J. Y. Choi. 2010. Quality characteristics of the mashes of *makgeolli* prepared using different yeasts. *Korean J. Food. Sci. Technol.* **42**: 56-62.
11. Lee, O. S., Y. J. Jeong, Y. D. Ha, K. E. Kim, J. S. Shin, and H. Kwon. 2001. Monitoring of alcohol fermentation condition with brown rice using raw starch-digesting enzyme. *Korean J. Post. Sci. Technol.* **8**: 412-418.
12. Lee, S. J. and B. H. Ahn. 2010. Sensory profiling of rice wines made with *nuruks* using different ingredients. *Korean J. Food. Sci. Technol.* **42**: 119-123.
13. Lee, S. W., J. H. Kwon, S. R. Yoon, S. M. Woo, S. Y. Jang, S. H. Yeo, J. H. Choi, and Y. H. Jeong. 2010. Quality characteristics of brown rice vinegar by different yeasts and fermentation condition. *J. Korean Soc Food Sci Nutr.* **39**: 1366-1372.
14. Min, Y. K., M. K. Lee, and H. S. Jeong. 1997. Fermentation characteristics of *jujube* alcoholic beverage from different additional level of *jujube* fruit. *J. Korean Agric. Chem. Soc.* **40**: 433-437.
15. Oh, Y. A., S. D. Kim, and K. H. Kim. 1997. Changes of sugars, organic acid and amino acids content during fermentation of pine needle added *Kimchi*. *J. Food. Sci. Technol. Cuth.* **9**: 45-50.
16. Park, C. W., S. Y. Jang, E. J. Park, S. H. Yeo, O. M. Kim, and Y. J. Jeong. 2011. Comparison of the quality characteristics of commercial *makgeolli* type in South Korea. *Korean J. Food. Preserv.* **18**: 884-890.
17. Shin, J. S., O. S. Lee, K. E. Kim, and Y. J. Jeong. 2003. Monitoring of alcohol fermentation condition of brown rice using raw starch digesting enzyme. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **32**: 375-380.
18. Son, H. S., B. D. Park, B. K. Ko, and C. H. Lee. 2011. Quality characteristics of *makgeolli* produced by adding different amounts of water. *Korean J. Food. Sci. Technol.* **43**: 453-457.
19. Song, J. C. and H. J. Park. 2003. *Makgeolli* brewing using the uncooked germed brown rice at second stage mash. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **32**: 847-854.
20. Woo, K. S., J. S. Lee, J. Y. Ko, S. B. Song, B. G. Oh, J. R. Kang, M. H. Nam, I. S. Ryu, and M. C. Seo. 2010. Physico-chemical characteristics of Korean traditional wine fermented from foxtail millet (*Setaria italic Beauvios*) and *nuruk* at different addition rates. *Korean J. Food. Sci. Technol.* **42**: 298-303.
21. Woo, S. M., T. Y. Kim, S. H. Yeo, S. B. Kim, J. S. Kim, M. H. Kim, and Y. J. Jeong. 2007. Quality characteristics of alcohol fermentation broth and by-product of brown rice varieties. *Korean J. Food. Preserv.* **14**: 557-563.
22. Woo, S. M., J. S. Shin, J. H. Seong, S. H. Yeo, J. H. Choi, T. Y. Kim, and Y. J. Jeong. 2010. Quality characteristics of brown rice *makgeolli* by different *nuruks*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **39**: 301-307.