

## 아로니아를 첨가한 막걸리의 발효특성

박미정 · 김형국<sup>1</sup> · 최경근<sup>1</sup> · 구본열<sup>2</sup> · 이시경\*

건국대학교 생명자원식품공학과, <sup>1</sup>농협식품연구원, <sup>2</sup>청운대학교 호텔조리식당경영학과

### Fermentation Characteristics of *Makgeolli* Containing Aronia (*Aronia melanocarpa*, Black chokeberry)

Mi-Jung Park, Hyeong-Kook Kim<sup>1</sup>, Kyong-Kun Choi<sup>1</sup>, Bon-Yeol Koo<sup>2</sup>, and Si-Kyung Lee\*

Department of Bioresources and Food Science, Konkuk University

<sup>1</sup>Nonghyup Food Research Institute

<sup>2</sup>Department of Hotel Culinary & Catering Management, Chungwoon University

**Abstract** This study was conducted to investigate the quality characteristics of *makgeolli* containing aronia, (*Aronia melanocarpa* (0-1.9%)). After an initial decrease in the range of pH from 4.93-5.04 to 3.43-3.61 over a period of 6 days, it gradually increased until 14 days. As the fermentation proceeded, sugar contents and reducing sugar contents initially increased in majority of the samples, and subsequently decreased after 2 days. Total acidity contents increased until 6 days and then became higher as the content of aronia increased. Total acidity levels were within the range of 0.50-0.62%. After 14 days of fermentation, the alcohol contents ranged between 11.97 and 14.13%. Over the same time span, the amino acid content increased from a range of 1.57-2.22 to 5.86-6.92%. The microbial cell count and yeast colony count increased over the initial 4 days and then gradually decreased. Total polyphenol content and total flavonoid of aronia *makgeolli* were significantly higher than those of the control group. Based on the sensory evaluation, *makgeolli* with 1.3% aronia demonstrated the highest overall acceptance.

**Keywords:** aronia, *makgeolli*, fermentation characteristics

## 서 론

술은 인류 역사와 함께 탄생한 것으로, 인류가 만든 가공음료 중 가장 오래 되었으며, 지역, 민족, 기후, 풍토에 따라 독특한 구조법이 개발됨에 따라 술은 각 민족의 고유한 전통주로서 발전하였다(1). 우리나라 전통주류인 막걸리는 탁주로 불리는 우리에게 친숙한 술로 전통주의 계승발전이란 측면에서 중요한 의미를 가지고 있다(2). 막걸리는 쌀과 누룩가루를 원료로 담금하여 만드는 술로 누룩 미생물중 곰팡이의 아밀레이스(amylase)에 의한 쌀 전분의 당화 공정과 발효성 당의 알코올(alcohol) 발효기능을 가진 효모에 의한 에탄올(ethanol)로의 전환과정(발효과정) 등 두가지 공정을 여러 미생물의 제효소 반응의 조화에 의해 병행 발효시켜 만드는 순수한 양조주이다(3). 막걸리는 단맛, 신맛, 매운맛, 쓴맛, 짠맛의 오미가 고루 조화되고 생효모가 함유되어 있기때문에 특유의 청량미가 있는 술로 다른 주류와 비교할 수 없는 독특한 맛을 가지고 있으며(4), 막걸리는 2-8% 정도로 알코올 도수가 낮아 인체의 간 뿐만 아니라 위에도 부담을 주지

않는다(5-7). 또한 다른 술과는 달리 막걸리는 각종의 풍부한 영양성분이 많이 함유되어 있는데, 신진대사에 관여하는 필수 아미노산이 많이 함유되어 있고, vitamines B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>와 휴젤유(fusel oil) 등이 함유되어 있으며, 풍미물질인 에틸 아세트산(ethyl acetate), 아밀아세테이트(amylicacetate), 에틸카프로산(ethylcaproate) 등의 에스터(ester)와 새콤한 맛을 내어 갈증을 해소시켜주는 유기산, 아세틸콜린(acetylcholine)이 함유되어 있다(8). 국민의 식생활 수준 향상과 더불어 소비자들의 식품 소비패턴이 기호성식품에서 기능성 식품으로 변하면서 다양한 생리활성을 갖는 천연소재에 대한 관심이 높아지고 있으며 술에 대한 기호가 다양화 함에 따라 막걸리도 다양화와 고급화가 요구되고 있다(9).

주세법의 개정으로 막걸리에 과채류의 첨가가 허용되면서 오이(10), 포도(11), 배(12), 석류즙(13), 유자즙 막걸리(14), 흑마늘(15), 블루베리(16), 강낭콩(17) 등을 첨가된 막걸리가 제조되었다.

블랙 초크베리(black chokeberry)라고 불리는 아로니아(*Aronia melanocarpa*)는 장미과(rosaceae)에 속하는 베리류의 식물열매로 원래는 북부 아메리카지역에서 자생한다(18). 아로니아에는 페놀산(phenolic acids) 플라보노이드(flavonoids) 등의 생리활성 물질이 함유되어 있으며(19) 특유의 신맛과 짠 맛 때문에 생과로 이용하기보다는 가공용으로 개발할 필요성이 대두되고 있다. 최근까지 국내에서 연구된 아로니아의 기능성에 관한 보고로는 항산화 효과, 항당뇨효과(20), 항염증효과(21), 면역조절기능활성(22), 위보호효과(23) 등이 있다. 따라서 본 연구에서는 해마다 생산량이 증가하는 아로니아의 소비를 촉진하고 다양한 생리적 기능이 있는 것으로 알려진 아로니아를 첨가하여 아로니아 막걸리를 제조

\*Corresponding author: Si Kyung Lee, Department of Bioresources and Food Science, College of Life and Environmental Science, Konkuk University, Seoul 05029, Korea

Tel: 82-2-450-3738

Fax: 82-2-450-3726

E-mail: lesikyung@konkuk.ac.kr

Received October 12, 2015; revised January 28, 2016;

accepted January 28, 2016

하고 발효과정 동안 이화학적 및 미생물학적 품질 특성에 대해서 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용한 막걸리 제조 원료로 2013년 여주 이천 쌀과 아로니아는 경기도 양평에서 2013년 8월에 수확한 것을 구입하여  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서 냉동 보관한 후 균일화 하여 사용하였다. 효모는 송천 효모개발연구소(Seoul, Korea)에서 구입하여 사용하였고, 누룩은 산성누룩(Busan, Korea)에서 구매하여 사용하였다.

### 아로니아 막걸리 담금

본 연구에 사용된 막걸리는 쌀 1 kg을 세척하여 5시간 동안 물에 침지한 후, 체에 받쳐 60분 동안 물기를 제거한 후 찹쌀에 넣고  $100^{\circ}\text{C}$ 에서 40분 동안 증자하고 10분 뜸을 들인 후 지에밥을 만들었다.

막걸리 제조는 지에밥을 식힌 후(25) 10 L 유리병에 지에밥(1 kg), 누룩(200 g), 효모(7 g)를 버무린 후, 생수(2.5 L)을 넣고 골고루 섞어주어 대조군을 제조하였다. 아로니아 첨가군 0.3-1.9%는 지에밥(1 kg), 누룩(200 g), 효모(7 g), 균질화한 생아로니아(10, 30, 50, 70 g), 생수(2.5 L)를 넣어 제조하였다. 실험군인 아로니아 막걸리의 발효는  $25^{\circ}\text{C}$ 에서 14일간 배양기(Mir553, Sanyo, Osaka, Japan)에서 1일 2회 교반하면서 발효시키고 2일 간격으로 시료를 채취하여 실험하였다.

### 품질 특성 분석

#### 일반성분

아로니아의 일반성분은 AOAC법(24)에 의해 측정하였다. 수분 함량은  $105^{\circ}\text{C}$  상압가열건조법, 조단백질은 킬달(Kjeldahl) 질소 정량법으로 조지방 함량은 속솔렛(soxhlet) 추출법으로, 조회분은  $550^{\circ}\text{C}$ 에서 직접회화법을 이용하여 분석하였으며, 탄수화물 함량은 전체 100%에서 상기 성분 함량을 모두 제외한 값으로 환산하였다.

#### pH, 당도, 산도

pH는 pH 미터(meter) (Model 520A, Orion Research Inc, Boston, MA, USA)를 이용하여 측정하였으며. 당도는 굴절당도계(Rx-5000, Atago Co., Tokyo, Japan)을 이용하여 측정하였고, 산도는 국제청의 주류분석 규정에서 명시된 방법(25)으로 측정하였다. 여과한 시료 10 mL에 1% 페놀프탈레인(phenolphthalein)지시약을 2-3방울 떨어뜨린 후 0.1 N 수산화소듐(NaOH) 용액으로 담홍색이 나타날 때까지 적정하여 적정 소비량을 측정 후 시료중의 총산을 아세트산 함량(%)으로 측정하였다.

#### 알코올 함량 측정

알코올 함량 측정은 메스실린더에 시료 100 mL를 취하여 500 mL 삼각플라스크에 옮긴 후에 증류수 10 mL를 3회 나누어 시료를 담았던 100 mL 메스실린더에 씻은 후 그 액을 500 mL 삼각플라스크에 합친 후 알코올을 증류하였다. 증류액이 70 mL가 되면 중지하고 증류수를 30 mL를 보충하여 메스실린더 눈금이 100 mL까지 정용한 후 주정계로 측정하여 주류분석법(25)에 의해서 0.1도당 알코올분 온도환산표를 통해 측정하였다.

### 아미노산 함량 측정

아미노산 글리신(glycine)함량은 국제청의 주류분석규정(25)에 따라 참조하여, 총산을 측정 한 시료 10 mL에 포말린(formalin) 용액 5 mL를 가하여 아미노산을 유리시킨 후 0.1 N 수산화소듐 용액으로 시료가 담홍색이 될 때까지 적정하여 적정 소비량을 측정 후 시료 중의 아미노산을 글리신으로 측정하였다.

$$\text{아미노산(\%)} = (a(\text{적정량}) \times F(0.1 \text{ N 수산화소듐 역가})) \times 0.0075 \times 10$$

### 환원당 함량 측정

환원당 함량측정은 DNS (dinitrosalicylic acid)법으로 측정하였다(26).

막걸리 시료 1 mL를 500 mL 정용 플라스크에 넣고 증류수로 500배 희석한 후 1 mL를 취한 후 DNS 시약(reagent) 1 mL를 혼합한 후 끓는 물에서 15분 동안 증탕 후 암실 안에서 상온방치 후 증류수 3 mL를 넣어 UV-visible 분광광도계(Cary 300conc, Varian Inc., Palo Alto, CA, USA)로 흡광도를 측정하였다. 당정량은 포도당(glucose)를 표준물질로 사용하였다.

### 총균수, 효모수 측정

총균수, 효모수 측정은 막걸리 시료를 균일하게 섞어 1 mL를 멸균한 생리 식염수에 10진 희석법에 따라 희석하고 희석된 시료 1 mL와 plate count agar (Difco Co., Detroit, MI, USA) 20 mL를 페트리접시(petri dish)에 균일하게 잘 혼합한 후  $37^{\circ}\text{C}$ 에서 24-48시간 동안 배양한 후 총균수를 계수하였으며, 효모수는 감자덱스트로수우무(potato dextrose agar, Difco Co.) 20 mL를 페트리접시에 균일하게 혼합한 후  $25^{\circ}\text{C}$ 에서 120시간 동안 배양한 후 효모수를 계수하였다.

### 총 플라보노이드, 총 폴리페놀 함량 측정

총 플라보노이드 함량은 Zhishen 등(27)과 Zou 등(28)의 방법에 따라 측정하였다. 시료 0.5 mL에 증류수 2 mL와 5%  $\text{NaNO}_2$  0.15 mL를 첨가하여 5분간 반응시킨다. 10% NaOH 1 mL를 첨가하여 1분간 반응시키고 다시 1 N NaOH 1 mL를 첨가한 후 UV-visible spectrophotometer (Cary 300 Conc, Varian Inc., Palo Alto, CA, USA)를 사용하여 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 카테킨(catechin, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)을 사용하였으며, 총 플라보노이드 함량은 mg 카테킨 당량(equivalents, CE%)으로 나타내었다.

총 폴리페놀 함량 측정은 폴린 시오칼토(Folin-Ciocalteu)법(29)에 따라 측정하였다.

즉, 시료 0.1 mL에 증류수 8.4 mL과 2 N 폴린 시오칼토 시약(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 0.5 mL를 첨가하고 20% 탄산나트륨( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) (Junsei Chemical Co., Kyoto, Japan) 1 mL를 가하여 2시간 방치시킨 후, UV-visible spectrophotometer (Varian Inc.)를 사용하여 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 갈산(gallic acid) (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)을 사용하였으며, 총 폴리페놀 함량은 mg 갈산당량(gallic acid equivalent, GAE%)로 나타내었다.

### 관능검사

농협식품연구원에서 근무하는 연구원 20명을 선정하여 실험목적과 막걸리의 관능적 품질요소를 잘 인식하도록 설명하고 다음

**Table 1. Chemical compositions of aronia**

(unit: %)

Sample	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude ash	Carbohydrate
Aronia	84.43±0.08 <sup>1)</sup>	0.73±0.06	0.14±0.02	0.40±0.02	14.33±0.05

<sup>1)</sup>Mean values±SD (n=3)

실험에 응하도록 하였다.

평가항목은 색, 단맛, 신맛, 쓴맛, 향, 목넘김, 전반적인 기호도에 대해 7점 기호척도법(1: 가장 싫다, 7: 최고로 좋다)으로 평가하였다.

**통계 처리**

각각의 시료에 대하여 3회 반복실험을 통하여 얻은 결과로 각 시료간의 유의성 검증은 SPSS Version 18.0 package program (SPSS Inc. Chicago, IL, USA)을 이용하여 일원배치 분산분석(one-way ANOVA) 및 Duncan's의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)을 통하여 각 시험구간의 유의성차를 5% (p<0.05) 유의수준에서 검증하였다.

**결과 및 고찰**

**아로니아의 일반성분**

막걸리 제조시 첨가한 아로니아의 일반성분을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 실험에 사용한 아로니아의 수분은 84.43%, 조단백질 0.73%, 조지방 0.14%, 회분 0.40%, 탄수화물은 14.33%로 나타났다.

Tsune와 Akira(18)는 아로니아의 일반성분을 분석한 결과 수분 84.36%, 조단백 0.70%, 지질 0.14%, 회분 0.44%, 탄수화물 14.37%이었다고 하여 이는 본 실험결과와 차이가 크지 않음을 알 수 있었다.

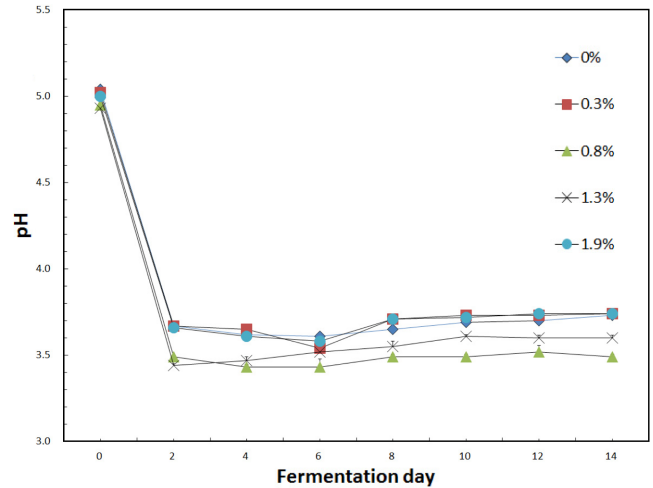
**pH, 당도, 산도**

아로니아의 첨가 농도를 달리한 막걸리 술덧 발효 중 pH를 2 일 간격으로 총 14일 동안 측정된 결과는 Fig. 1과 같다. 막걸리를 담금 직후 대조군에서는 pH는 5.04, 아로니아 0.3% 첨가군에서는 5.02, 아로니아 0.8% 첨가군에서는 4.95, 아로니아 1.3% 첨가군에서는 4.93, 아로니아 1.9% 첨가군에서는 5.00으로 4.93-5.04의 분포를 보였다.

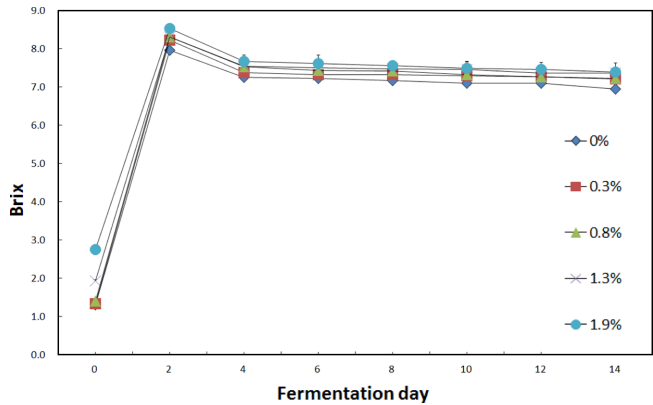
발효 2일째에는 대조군의 pH가 3.67, 아로니아 0.3% 첨가군에서는 3.67, 아로니아 0.8% 첨가군에서 3.49, 아로니아 1.3% 첨가군에서 3.44, 아로니아 1.9% 첨가군에서 3.66으로 급격히 낮아졌다. 이는 발효 2일 후에 생성된 알콜 함량이 급격히 증가하여 효모 생육이 좋았던 것과 관계가 있는 것으로 생각된다. Kim 등(30)은 막걸리 제조 후 발효 2일에 pH가 감소하였다고 하였으며 이는 발효 중 생성되는 다양한 유기산에 의한 것이라고 하였다.

발효 6일째에는 대조군에서 3.61, 아로니아 0.3% 첨가군에서는 3.54, 아로니아 0.8% 첨가군에서는 3.43, 아로니아 1.3% 첨가군에서는 3.52, 아로니아 1.9% 첨가군에서는 3.58을 나타냈으며, 모든 실험구가 발효 6일째까지 감소하다가 발효 8일째에는 대조군에서 3.65, 아로니아 0.3% 첨가군에서는 3.71, 아로니아 0.8% 첨가군에서는 3.49, 아로니아 1.3% 첨가군에서는 3.55, 아로니아 1.9% 첨가군에서는 3.71이 측정되어 증가하는 경향을 보였다.

Lee(1)와 Kim과 Yi(31)는 막걸리의 발효과정 중의 pH 변화에 대해 발효 초기 급격히 감소하였다가 발효가 진행되며 완만하게 증가한다고 하여 본 연구결과와 일치하였다. 발효 10일째부터 최



**Fig. 1. Changes in pH of makgeolli containing 0, 0.3, 0.8, 1.3 and 1.9% of aronia during fermentation period.**



**Fig. 2. Changes in sugar contents of makgeolli containing 0, 0.3, 0.8, 1.3 and 1.9% of aronia during fermentation period.**

종 발효 14일까지 증가없이 거의 일정한 수준의 pH를 나타내었고 최종 pH는 3.49-3.74의 값을 나타내었다.

최종 pH는 대조군에 비해 아로니아 열매 첨가량에 따른 유의적 차이(p<0.05)는 나타나지 않았다. Choi 등(32)은 비파 열매를 첨가한 막걸리의 발효특성에서도 최종 pH는 대조군에 비해 비파 열매 첨가량에 따른 유의적 차이는 나타나지 않는다고 보고하였는데 본 연구결과와 유사하였다.

아로니아의 농도를 달리 첨가하여 발효한 막걸리의 발효기간 중 당도의 변화는 Fig. 2와 같다. 막걸리를 담금 직후 대조군의 당도는 1.31°Bx, 아로니아 0.3, 0.8, 1.3 및 1.9% 첨가군에서 각각 1.34, 1.40, 1.93 및 2.75°Bx였다. 담금 직후의 당도는 대조군에 비해 아로니아 첨가군에서 높았으며, 첨가량에 따라 유의적으로 증가하였다. Jeon과 Lee(16)은 블루베리를 첨가한 막걸리의 제조에서 블루베리를 첨가한 막걸리의 당도가 높았으며, 이는 블루베리에 함유된 탄수화물 성분에 기인한 것으로 보고하였다. 발효 2일

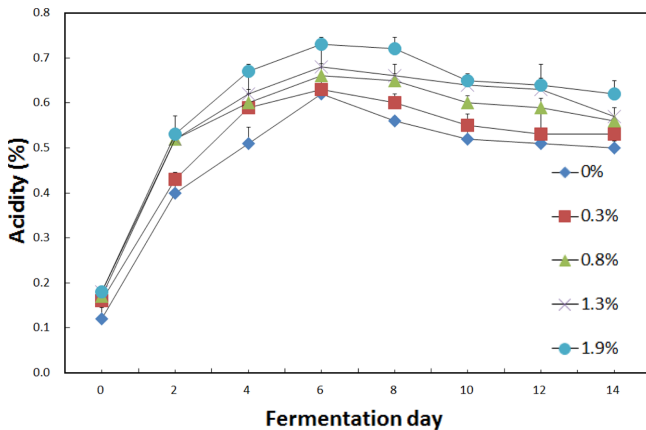


Fig. 3. Changes in acidity of makgeolli containing 0, 0.3, 0.8, 1.3 and 1.9% of aronia during fermentation period.

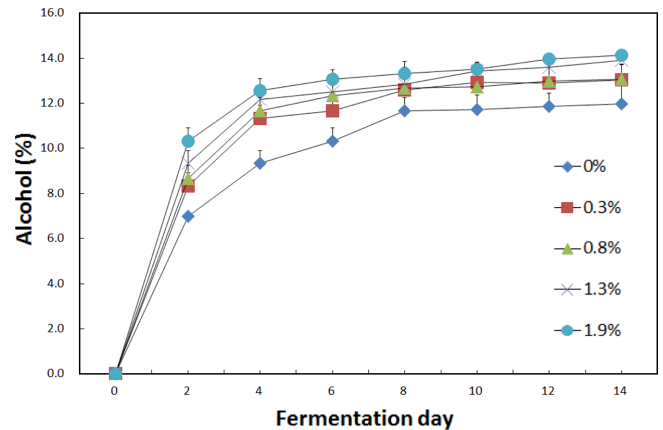


Fig. 4. Changes in alcohol contents of makgeolli containing 0, 0.3, 0.8, 1.3 and 1.9% of aronia during fermentation period.

째에는 당도가 급격히 증가하여 대조군에서는 7.96°Bx, 아로니아 0.3, 0.8, 1.3 및 1.9% 첨가군에서 각각 8.23, 8.31, 8.31 및 8.53°Bx로 나타났고, 아로니아 1.9% 첨가군에서 가장 높은 함량을 보였다. Kim 등(33)은 감초 첨가에 의한 탁주 발효에 관한 연구에서 감초 추출물을 첨가할수록 대조군에 비해 당도가 높아졌다고 하였으며, 이와 같이 발효 2일에 당도가 증가하는 것은 막걸리 원료인 쌀의 전분이 누룩에 의해 분해되어 급격히 증가한 것으로 생각된다. 또한 Choi 등(34)과 Park 등(35)의 발효 초기 당도가 증가하다가 발효중기 부터는 감소하였다고 하여 본 연구결과와 유사하였다.

이상의 실험에서 발효 2일 이후 대조군과 모든 시험군에서 막걸리의 당도가 서서히 감소하였으며, 최종 발효 14일째에는 대조군에서는 6.95°Bx, 아로니아 0.3, 0.8, 1.3 및 1.9% 첨가군에서 각각 7.21, 7.23, 7.36 및 7.39°Bx를 나타내었다.

발효가 완전히 완료된 시점에서 대조군과 아로니아 첨가군의 당도 측정 결과 유의적 차이( $p < 0.05$ )를 보였다.

Park과 Lee (36)는 탁주 발효 중 원료내의 녹말질이 당화 아밀레이스의 작용으로 인하여 당분으로 분해됨과 동시에 미생물의 영양원이나 발효기질로 이용되므로 발효 후기에 당도가 감소한다고 보고하였는데 이는 본 연구와 일치하였다.

아로니아를 첨가하여 제조한 막걸리의 발효 중 산도 측정된 결과는 Fig. 3과 같다.

막걸리의 담금 직후의 산도는 모든 실험군에서 0.12-0.18%로 나타났으며, 시료들 간의 유의적 차이( $p < 0.05$ )는 없었다. 발효 2일째에는 급격히 상승하였으며 발효 6일째에는 산도가 대조군에서는 0.62%, 아로니아 0.3, 0.8, 1.3 및 1.9% 첨가군에서 각각 0.63, 0.66, 0.68 및 0.73%를 나타냈으며, 아로니아의 첨가량이 증가함에 따라 산도가 높았다.

이상의 실험에서 막걸리의 발효 중 산도는 발효 초기 급증한 이후 서서히 증가하는 경향을 보였다. 이러한 현상에 대해 Kim과 Yi (31)는 원료에 함유된 아미노태질소가 pH의 하락을 막는 완충작용을 하였기 때문이라고 보고하였으며, 이는 본 실험의 결과와 일치하였다. 또한 Lee 등(1)은 발효 과정 중의 산도 변화는 미생물의 작용으로 생성된 유기산에 의해 산도가 증가된 것으로 보고하였다. Lee 등(37)의 등글레 추출물을 첨가한 약주 제조시 엑기스 첨가가 많을수록 총산의 함량이 높다는 보고와 Lee 등(38)도 인삼박의 첨가량이 증가함에 따라 총산의 함량이 증가한다고 하여 본 연구결과와 일치하였다. 발효 8일째에는 대조군에

서는 0.56%, 아로니아 0.3, 0.8, 1.3 및 1.9% 첨가군 각각 0.60, 0.65, 0.66 및 0.72%를 나타내었다. 이는 발효 6일째의 산도에 비해 다소 감소하는 경향이였다. 최종 발효 14일에는 대조군에서는 0.50%, 아로니아 0.3, 0.8, 1.3 및 1.9% 첨가군 각각 0.53, 0.56, 0.57 및 0.62%로, 총산도가 0.50-0.62%의 분포를 나타내었으며, 아로니아 첨가군에서 다소 높았다. 이상의 실험에서 막걸리 제조 후 총산도의 변화는 발효 6일째까지 증가하는 경향을 보이다가 8일째부터 최종 발효 14일까지 서서히 감소하기 시작하였다. Han 등(39)은 유기산이 알코올 등과 결합하여 에스테르와 같은 향미 형성 등에 이용되므로 후기에는 산도가 감소한 것으로 보고하였으며, 본 연구결과에서도 유사한 경향을 나타내었다. 총산의 변화는 막걸리의 성분변화를 쉽게 알 수 있는 요인일 뿐만 아니라 알코올 생성 과정에서 복합적으로 생성되므로 막걸리의 발효 진행 상황을 알 수 있는 중요한 지표성분이 되며, 또한 막걸리의 총산 함량은 발효 또는 저장 중 막걸리의 산패현상을 조기판단 할 수 있는 기초요소이다(1).

#### 알코올

알코올 농도는 탁주의 품질을 결정하는데 중요한 요소 중 하나이다. 알코올 발효는 당분을 에탄올과 이산화탄소( $CO_2$ )로 분해한 것으로 담금 후 기포 발생의 유무로 알코올 발효가 진행되고 있음을 알 수 있다(8,44).

아로니아를 첨가하여 제조한 막걸리의 발효 중 알코올 함량을 측정된 결과는 Fig. 4와 같다. 막걸리를 담금 직후 모든 실험군에서 0%로 나타났으며, 이는 Yang과 Eun(40)의 연구결과와 일치하였다. 발효 2일째에는 대조군의 알코올 함량은 7.0%, 아로니아 0.3, 0.8, 1.3 및 1.9% 첨가군에서는 각각 8.33, 8.67, 9.33 및 10.33%를 나타내어 급격히 증가하였으며, 아로니아의 첨가농도가 증가함에 따라 알코올 함량이 높았다. 이는 Lee와 Lee(41), Park 등(42) 그리고 Lee 등(43) 연구에서도 발효 2일째에 당도와 환원당의 함량이 급증하면서 효모의 알코올 생성반응이 활발히 일어난 결과라고 보고하였으며, 이는 본 연구결과와 일치하였다. 발효 2일 이후부터 모든 실험군에서 발효일 수가 증가함에 따라 유의적( $p < 0.05$ )으로 증가하였다. 최종 발효 14일째에는 대조군에서의 알코올 함량은 11.97%, 아로니아 0.3, 0.8, 1.3 및 1.9% 첨가군에서는 각각 13.03, 13.07, 13.90 및 14.13%를 나타내었으며, 아로니아 함량이 증가할수록 알코올 함량도 유의적으로 높게 나타나 발효가 빨리 진행되었다. 그러나 첨가구에 따라 알코올 함량

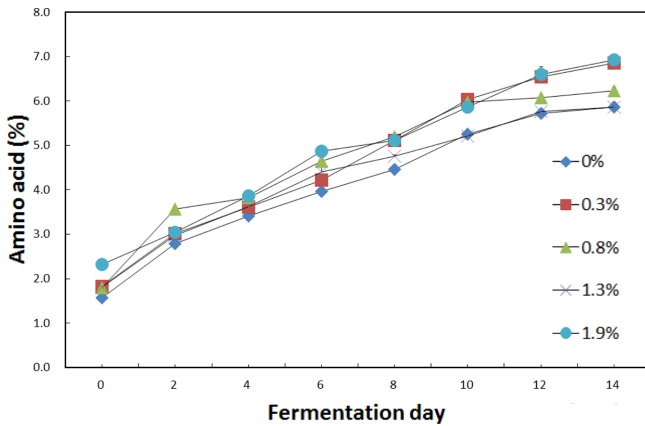


Fig. 5. Changes in amino acid contents of *makgeolli* containing 0, 0.3, 0.8, 1.3 and 1.9% of aronia during fermentation period.

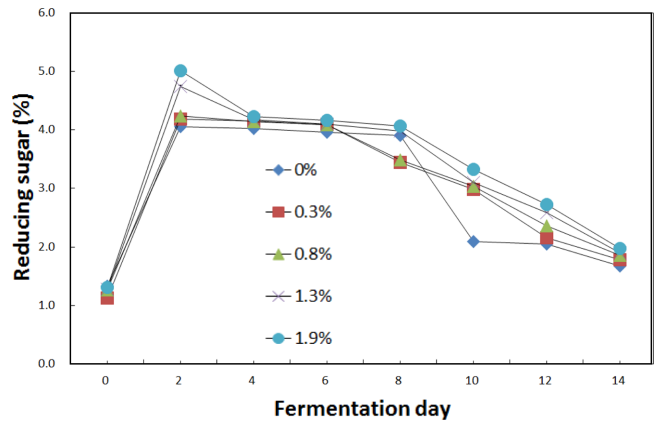


Fig. 6. Changes in reducing sugar contents of *makgeolli* containing 0, 0.3, 0.8, 1.3 and 1.9% of aronia during fermentation period.

이 다른 이유는 아로니아에 함유되어 있는 당이나 유기산 등으로 인해서 미생물 발효와 알코올 생성 등이 촉진되었기 때문으로 생각된다. Lee 등(43)은 크랜베리를 첨가한 막걸리제조에서 발효 2일부터 알코올 생성이 증가하였다고 하여 본 연구결과와 일치하였다. 또한 Song 등(44)은 백년초와 키토올리고당의 비율을 달리하여 제조한 탁주의 알코올 생성에 관한 연구에서 백년초가 함유된 막걸리의 경우 자체적으로 함유하고 있는 당이 알코올 발효에 긍정적으로 작용해 알코올 함량이 높았다고 하였으며, Kim 등(45)은 로즈마리를 첨가한 발효주의 연구에서 발효기간 중 로즈마리 첨가구가 무첨가구에 비해 알코올 함량이 높게 나타났음을 보고하였다.

또 Kim 등(46)도 민들레를 이용한 전통 민속주의 연구에서 민들레를 첨가한 경우 첨가하지 않은 민속주보다 알코올 생성량이 많았다고 하여 이는 본 연구결과와 일치하였다.

### 아미노산

아로니아를 첨가하여 제조한 막걸리의 발효 중 아미노산 글리신 함량을 측정한 결과는 Fig. 5와 같다. 막걸리를 담금 직후 대조군에서는 1.57%, 아로니아 0.3, 0.8, 1.3 및 1.9% 첨가군에서 각각 1.82, 1.79, 1.81 및 2.32%를 나타내어 글리신 함량이 1.57-2.32%의 분포를 나타내었다. 이는 첨가한 원료인 쌀과 효모나 누룩에 의한 것으로 보인다(47). 발효 2일째에는 아로니아 함량에 따라 아미노산의 함량이 유의적( $p<0.05$ )으로 증가됨을 보여 대조군에서는 2.79%, 아로니아 0.3, 0.8, 1.3 및 1.9% 첨가군에서는 각각 3.02, 3.57, 2.97 및 3.05%를 나타내었다. Kim과 Yi(26)는 팽화차조 첨가에 따른 막걸리 제조에서 발효기간이 진행될수록 아미노산 함량이 유의적으로 증가하였다고 보고하여 본 연구결과와 일치하였다. 최종발효 14일째에는 대조군에서 5.87%, 아로니아 0.3, 0.8, 1.3 및 1.9% 첨가군에서는 각각 6.85, 6.23, 5.86 및 6.92%를 나타내었다. 이와 같은 결과는 누룩의 종류를 달리하여 담금한 탁주 발효 과정 중 술덧의 품질특성과 유사한 결과를 보여주었으며(39), 대조군에 비해서 아로니아 첨가군의 아미노산 함량이 높았고 아로니아 열매의 단백질과 누룩의 발효과정 중 미생물이 생육이 높아 미생물에 의해 생산되는 산성단백질가수분해효소(acid protease)와 펩타이드가수분해효소(peptidase) 등의 효소작용으로 아미노산이 생성되어 막걸리의 감칠맛 및 아미노산 함량에 영향을 준 것으로 생각된다. Yang 등(48)은 건조유자과피를 첨가하여 제조한 막걸리 연구에서도 대조군에 비해 건조유자

과피를 첨가한 실험구에서 막걸리의 아미노산 함량이 높게 나왔다고 보고하였으며, 이는 본 연구결과와 유사하였다. 또한 Choi 등(32)과 So 등(47)도 발효가 진행될수록 아미노산 함량이 증가하였다고 하여 본 연구결과와 일치하였다. 효모의 영양원으로 이용되는 아미노산은 휴젤유과 에스터 등의 향기성분으로 변화하는 중요한 성분이며 술에 감칠맛을 부여하거나 지나치게 많이 생성될 때 술덧이 노주화된 것 같은 느끼한 맛을 준다(26).

아미노산은 원료 과실의 분해와 발효에 의하여 생합성될 수 있으며, 아미노산은 단맛, 신맛, 쓴맛 등에 영향을 준다(49).

### 환원당

아로니아 첨가량을 달리하여 제조한 막걸리의 발효과정 중 환원당 변화를 측정된 결과는 Fig. 6과 같다. 막걸리를 담금 직후 대조군에서의 환원당은 1.33%, 아로니아 0.3, 0.8, 1.3 및 1.9% 첨가군에서는 각각 1.12%, 1.26%, 1.27%, 1.31%를 나타내었으며 시료들간의 유의적 차이( $p<0.05$ )가 있었다. 발효 2일째에는 대조군에서는 4.06%, 아로니아 0.3, 0.8, 1.3 및 1.9% 첨가군에서는 각각 4.19, 4.24, 4.75 및 5.01%를 나타내었다. Kim 등(50)은 발효 초기 당 함량이 증가한 것은 효모에 의한 알코올 발효과정보다 녹말의 당화효소에 의한 활성이 높았을 것으로 보고하였으며, Lee 등(12)은 일반적인 막걸리의 경우 1단 담금 후 발효가 시작되면 초기에 전분, 전분 분해물 등이 경시적으로 분해되어 당 함량이 증가한다고 보고하였으며 이는 본 연구결과와 일치하였다. 이러한 환원당의 증가는 누룩의 당화효소 작용으로 인한 전분의 당화로 인한 것이며 미생물이 생성한 당화효소인 아밀레이스에 의해 분해된 당을 이용한 알코올의 생성에 이용하기 보다는 효모의 증식을 활발히 하는 단계였기 때문으로 생각된다(51). 발효 4일째부터 환원당이 감소하는 경향이 나타났으며, 최종 발효 14일째에는 대조군에서는 1.67%, 아로니아 0.3, 0.8, 1.3 및 1.9% 첨가군에서는 각각 1.78, 1.85, 1.90 및 1.97%를 나타내었다. 이후 알코올 발효과정의 진행으로 현저히 감소되었으며, 대조구가 아로니아를 첨가한 시험구에 비해 다소 낮게 유지되었다. Jeon과 Lee(16)는 누룩에 의한 전분 당화보다 효모에 의한 당의 소비가 많이 진행되어 당 함량이 서서히 감소하는 경향을 나타내었다고 보고하였다. 술덧의 숙성 중 환원당의 감소는 효모수 및 알코올의 생성과 밀접한 관계를 가지며, 특히 발효과정 중에서 당의 생성과 알코올로 전환이 복합적으로 이루어지기 때문에 환원당의 감소와 비례하여 알코올 농도는 증가한다(34).

**Table 2. Changes of microbial cell counts (CFU/mL) in *makgeolli* containing 0, 0.3, 0.8, 1.3 and 1.9% of aronia during fermentation period**

Day	Aronia (%)				
	0 (CFU/mL)	0.3 (CFU/mL)	0.8 (CFU/mL)	1.3 (CFU/mL)	1.9 (CFU/mL)
0	$8.9 \times 10^4$	$9.0 \times 10^4$	$7.2 \times 10^4$	$8.1 \times 10^4$	$1.0 \times 10^5$
2	$1.2 \times 10^8$	$1.5 \times 10^8$	$1.5 \times 10^8$	$1.5 \times 10^8$	$1.7 \times 10^8$
4	$2.3 \times 10^{11}$	$2.0 \times 10^{11}$	$1.5 \times 10^{11}$	$2.0 \times 10^{11}$	$1.9 \times 10^{11}$
6	$1.3 \times 10^{10}$	$1.5 \times 10^{10}$	$1.9 \times 10^{10}$	$2.3 \times 10^{10}$	$2.8 \times 10^{10}$
8	$6.2 \times 10^8$	$8.5 \times 10^8$	$8.0 \times 10^8$	$3.2 \times 10^8$	$3.9 \times 10^8$
10	$6.2 \times 10^8$	$8.7 \times 10^8$	$5.2 \times 10^8$	$6.3 \times 10^8$	$7.4 \times 10^8$
12	$1.6 \times 10^8$	$1.2 \times 10^8$	$6.5 \times 10^7$	$9.2 \times 10^7$	$1.5 \times 10^8$
14	$4.7 \times 10^7$	$1.2 \times 10^7$	$5.3 \times 10^6$	$8.6 \times 10^7$	$1.2 \times 10^8$

**Table 3. Changes of yeast colony counts (CFU/mL) in *makgeolli* containing 0, 0.3, 0.8, 1.3 and 1.9% of aronia during fermentation period**

Day	Aronia (%)				
	0 (CFU/mL)	0.3 (CFU/mL)	0.8 (CFU/mL)	1.3 (CFU/mL)	1.9 (CFU/mL)
0	$4.8 \times 10^4$	$7.6 \times 10^4$	$8.2 \times 10^4$	$8.2 \times 10^4$	$8.7 \times 10^4$
2	$1.3 \times 10^6$	$3.4 \times 10^5$	$5.6 \times 10^5$	$3.2 \times 10^5$	$3.6 \times 10^5$
4	$1.8 \times 10^{10}$	$1.0 \times 10^{10}$	$7.3 \times 10^9$	$6.6 \times 10^9$	$6.0 \times 10^9$
6	$5.5 \times 10^8$	$2.0 \times 10^9$	$2.1 \times 10^9$	$2.0 \times 10^8$	$1.8 \times 10^9$
8	$5.9 \times 10^8$	$1.9 \times 10^9$	$2.0 \times 10^9$	$1.3 \times 10^9$	$1.1 \times 10^9$
10	$5.4 \times 10^8$	$1.1 \times 10^9$	$2.0 \times 10^9$	$1.0 \times 10^9$	$9.8 \times 10^8$
12	$6.7 \times 10^7$	$1.3 \times 10^8$	$1.6 \times 10^8$	$1.3 \times 10^8$	$1.4 \times 10^8$
14	$3.4 \times 10^7$	$8.5 \times 10^7$	$6.4 \times 10^7$	$7.8 \times 10^7$	$9.4 \times 10^7$

### 총 균수, 효모

아로니아 첨가량을 달리하여 제조한 막걸리의 발효과정 중 총 균수의 변화를 측정된 결과는 Table 2와 같다.

막걸리를 담금 직후 대조군에서는  $8.9 \times 10^4$  CFU/mL, 아로니아 0.3, 0.8, 1.3 및 1.9% 첨가군에서는 각각  $9.0 \times 10^4$ ,  $7.2 \times 10^4$ ,  $8.1 \times 10^4$  및  $1.0 \times 10^5$  CFU/mL로 아로니아 1.9% 첨가군에서 가장 높게 나왔다. 발효 4일째에는 대조군에서는  $2.3 \times 10^{11}$  CFU/mL, 아로니아 0.3, 0.8, 1.3 및 1.9% 첨가군에서는  $2.0 \times 10^{11}$ ,  $1.5 \times 10^{11}$ ,  $2.0 \times 10^{11}$  및  $1.9 \times 10^{11}$  CFU/mL 나타났으며, 대조군에서 가장 높게 나타났다. 이는 아로니아 열매 첨가가 막걸리의 총균수의 변화에 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다. Choi 등(32)의 비파 열매를 첨가한 막걸리 제조에서도 대조군에서 가장 높은 수치를 보였으며, 이는 본 연구결과와 유사하였다. 발효 6일 이후부터 모든 시험구에서 총 균수의 감소가 나타났다. Jeon과 Lee(16)는 알코올 함량이 10% 이상으로 높아짐에 따라 젖산세균의 사멸에 기인한 것으로 보고하였다. 발효 8일째에는 대조군에서는  $6.2 \times 10^8$  CFU/mL, 아로니아 0.3, 0.8, 1.3 및 1.9% 첨가군에서는 각각  $8.5 \times 10^8$ ,  $8.0 \times 10^8$ ,  $3.2 \times 10^8$  및  $3.9 \times 10^8$  CFU/mL로 나타났으며 감소하는 결과를 보였다. Lee와 Jeon(16)은 발효기간 동안 총 균수의 변화는 모든 시험구가 유사한 경향으로 나타났으며, 대조군과 블루베리를 첨가한 시험구간 뚜렷한 차이는 보이지 않았다고 하였다.

발효 14일째에는 대조군에서는  $4.7 \times 10^7$  CFU/mL, 아로니아 0.3, 0.8, 1.3 및 1.9% 첨가군에서는 각각  $1.2 \times 10^7$ ,  $5.3 \times 10^6$ ,  $8.6 \times 10^7$  및  $1.2 \times 10^8$  CFU/mL로 나타났다.

아로니아를 첨가하여 제조한 막걸리의 발효 중 효모수의 변화를 측정된 결과는 Table 3과 같다. 막걸리를 담금 직후 대조군에서는 효모가  $4.8 \times 10^4$  CFU/mL, 아로니아 0.3, 0.8, 1.3 및 1.9% 첨가군에서는 각각  $7.6 \times 10^4$ ,  $8.2 \times 10^4$ ,  $8.2 \times 10^4$  및  $8.7 \times 10^4$  CFU/mL로

각 시험구간 유의적( $p < 0.05$ ) 차이가 없었다. 발효 4일째에 대조군에서  $1.8 \times 10^{10}$  CFU/mL 아로니아 0.3, 0.8, 1.3 및 1.9% 첨가군에서는 각각  $1.0 \times 10^{10}$ ,  $7.3 \times 10^9$ ,  $6.6 \times 10^9$  및  $6.0 \times 10^9$  CFU/mL로 나타났으며 대조군에서 가장 높게 나타났다. Lee 등(1)은 한국 전통주인 막걸리의 제조주의 효모수의 변화에 관한 연구에서 3일째부터 효모의 수가 급격하게 증가하였다고 하였으나 본 연구에서는 발효 4일 이후에 효모의 수가 증가하였다. 발효 6일째에는 아로니아 첨가군에서 증가하다가 그 이후로 감소하는 경향을 나타내었으며, 최종 발효 14일째에는 대조군에서는  $3.4 \times 10^7$  CFU/mL, 아로니아 0.3, 0.8, 1.3 및 1.9% 첨가군에서는  $8.5 \times 10^7$ ,  $6.4 \times 10^7$ ,  $7.8 \times 10^7$  및  $9.4 \times 10^7$  CFU/mL로 나타났다. Kim 등(10)은 오이를 첨가한 막걸리 연구에서도 발효기간 동안 총균과 효모수의 증가가 관찰되었으나 6일간의 발효 후에는 모든 시험구에서 차이는 없는 것으로 나타났다. 또한 Kim 등(52)은 설기떡을 이용한 흑마늘 막걸리의 제조와 품질에 관한 연구에서도 효모수가 담금 직후부터 발효 3일째에 급격히 증가하다가 감소하였다고 하여 본 연구와 유사한 경향을 나타내었다.

### 총 플라보노이드, 총 폴리페놀

아로니아를 첨가하여 제조한 막걸리의 발효 중 총 플라보노이드의 변화를 측정된 결과는 Table 4와 같다. 막걸리를 담금 직후 대조군에서는 16.49 mg CE%, 아로니아 0.3, 0.8, 1.3 및 1.9% 첨가군에서 각각 22.06, 22.09, 22.91 및 31.41 mg CE%을 나타내었다. 이상의 실험에서 아로니아 첨가량에 따라서 유의적 차이( $p < 0.05$ )가 있었다. 발효 2일째 대조군에서는 62.41 mg CE%, 아로니아 0.3, 0.8, 1.3 및 1.9% 첨가군에서는 각각 65.25, 65.72, 66.35 및 69.86 mg CE%이었다. 이는 Lee 등(43)은 크린베리를 첨가하여 제조한 막걸리의 품질특성에 관한 연구에서도 모든 실

**Table 4. Total flavonoid contents of *makgeolli* containing 0, 0.3, 0.8, 1.3 and 1.9% of aronia during fermentation period**

Day	Aronia (%)				
	0	0.3	0.8	1.3	1.9
0	16.49±0.08 <sup>1)Dh2)</sup>	22.06±0.00 <sup>Ch</sup>	22.09±0.01 <sup>Cf</sup>	22.91±0.05 <sup>Bh</sup>	31.41±0.01 <sup>Ah</sup>
2	62.41±1.12 <sup>Cg</sup>	65.25±0.06 <sup>Bg</sup>	65.72±0.03 <sup>Be</sup>	66.35±0.08 <sup>Bg</sup>	69.86±0.07 <sup>Ag</sup>
4	67.10±0.18 <sup>Cf</sup>	70.85±0.06 <sup>BCf</sup>	72.35±4.88 <sup>ABCd</sup>	76.06±0.07 <sup>ABf</sup>	77.52±0.17 <sup>Af</sup>
6	68.86±0.08 <sup>De</sup>	76.65±0.09 <sup>Ce</sup>	76.77±0.02 <sup>Ccd</sup>	77.76±0.16 <sup>Bc</sup>	81.34±0.08 <sup>Ae</sup>
8	72.18±0.14 <sup>Ed</sup>	77.82±0.16 <sup>Dd</sup>	78.80±0.01 <sup>Cc</sup>	80.40±0.08 <sup>Bd</sup>	82.89±0.07 <sup>Ad</sup>
10	75.34±0.23 <sup>Ec</sup>	80.49±0.10 <sup>Dc</sup>	81.58±0.08 <sup>Cbc</sup>	82.25±0.21 <sup>Bc</sup>	85.21±0.22 <sup>Ac</sup>
12	79.43±0.09 <sup>Db</sup>	84.09±0.26 <sup>Cb</sup>	85.83±0.07 <sup>Bb</sup>	86.06±0.25 <sup>Bb</sup>	88.73±0.14 <sup>Ab</sup>
14	89.38±0.11 <sup>Da</sup>	91.40±0.19 <sup>Ca</sup>	92.41±0.13 <sup>Ba</sup>	95.10±0.15 <sup>Aa</sup>	95.21±0.11 <sup>Aa</sup>

<sup>1)</sup>Values are mean±standard deviations of triplicate determination.

<sup>2)</sup>Means with different superscripts in the same row (A-E) and column (a-h) are significantly different by Ducans multiple range test at  $p<0.05$ .

**Table 5. Total polyphenol contents of *makgeolli* containing 0, 0.3, 0.8, 1.3 and 1.9% of aronia during fermentation period**

Day	Aronia (%)				
	0	0.3	0.8	1.3	1.9
0	49.51±0.07 <sup>1)Dg2)</sup>	54.32±0.05 <sup>Cg</sup>	57.14±0.07 <sup>Bh</sup>	69.22±0.07 <sup>Af</sup>	69.30±0.10 <sup>Ag</sup>
2	131.59±0.47 <sup>Ef</sup>	142.69±0.12 <sup>Df</sup>	145.24±0.17 <sup>Cg</sup>	149.66±1.93 <sup>Be</sup>	160.23±0.57 <sup>Af</sup>
4	143.05±0.28 <sup>De</sup>	149.69±0.24 <sup>Ce</sup>	153.57±0.13 <sup>Bf</sup>	153.90±0.17 <sup>Bd</sup>	163.85±0.04 <sup>Ae</sup>
6	150.18±0.15 <sup>Ed</sup>	154.66±0.41 <sup>Dd</sup>	157.96±0.15 <sup>Cc</sup>	160.75±0.75 <sup>Bc</sup>	166.37±0.07 <sup>Ad</sup>
8	153.29±0.18 <sup>Dc</sup>	159.99±0.17 <sup>Cc</sup>	159.91±0.26 <sup>Cd</sup>	162.36±0.19 <sup>Bc</sup>	167.66±0.32 <sup>Ac</sup>
10	154.15±0.09 <sup>Eb</sup>	160.84±0.23 <sup>Db</sup>	163.41±0.17 <sup>Cc</sup>	165.77±0.14 <sup>Bb</sup>	168.93±0.13 <sup>Ab</sup>
12	156.83±0.08 <sup>Da</sup>	162.81±0.30 <sup>Ca</sup>	167.55±0.33 <sup>Bb</sup>	167.32±0.16 <sup>Bb</sup>	170.25±0.18 <sup>Aa</sup>
14	157.32±0.04 <sup>Da</sup>	162.87±0.25 <sup>Ca</sup>	168.53±0.28 <sup>Ba</sup>	170.71±0.32 <sup>Aa</sup>	170.76±0.29 <sup>Aa</sup>

<sup>1)</sup>Values are mean±standard deviations of triplicate determination.

<sup>2)</sup>Means with different superscripts in the same row (A-E) and column (a-h) are significantly different by Ducans multiple range test at  $p<0.05$ .

험구에서 플라보노이드 함량이 유의적으로 증가하였다고 하여 본 연구결과와 유사한 경향이였다. 최종발효 14일째 대조군에서는 89.38 mg CE%, 아로니아 0.3, 0.8, 1.3 및 1.9% 첨가군에서는 각각 91.40, 92.41, 95.10 및 95.21 mg CE%를 나타내었으며 아로니아 1.9% 첨가군에서 가장 높게 나왔으며, 발효 동안 모든 실험구에서 플라보노이드 함량이 유의적( $p<0.05$ )으로 증가하였다. 이는 Lee 등(43)은 발효 과정 동안 미생물 작용에 의한 분해산물에 의한 결과라고 보고했으며, 설기떡을 이용한 흑마늘 막걸리의 제조와 품질 특성의 연구(52)의 결과와 일치하였다. Chen 등(51)은 팔을 첨가한 막걸리의 제조 연구에서 팔 첨가량 증가에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 이는 본 연구결과와 유사하였다.

아로니아를 첨가하여 제조한 막걸리의 발효 중 총 폴리페놀 함량의 변화를 측정된 결과는 Table 5와 같다. 막걸리를 담급 직후 대조군에서 총 폴리페놀함량이 49.51 mg GAE%, 아로니아 0.3, 0.8, 1.3 및 1.9% 첨가군에서 각각 54.32, 57.14, 69.22 및 69.30 mg GAE%를 나타내었다. 발효 2일째 대조군에서는 131.59 mg GAE%, 아로니아 0.3, 0.8, 1.3 및 1.9% 첨가군에서는 각각 142.69, 145.24, 149.66 및 160.23 mg GAE%를 나타내었으며 발효 2일째부터 서서히 증가하였으며, 아로니아 열매 첨가에 따라 유의적( $p<0.05$ )으로 증가하였다. Bae 등(53)은 선인장 열매를 이용한 막걸리 연구에서 선인장 열매 첨가량이 증가할수록 폴리페놀 함량이 증가하였다고 보고하였으며 이는 본 연구결과와 유사하였다. 최종발효 14일째 대조군에서는 157.32 mg GAE%, 아로니아 0.3, 0.8, 1.3 및 1.9% 첨가군에서는 각각 162.87, 168.53, 170.71 및 170.76 mg GAE%를 나타내었다. 폴리페놀의 함량은 발효 기간에 따라 유의적( $p<0.05$ )으로 증가하였으며, Hwang과 Lee

(54)는 아로니아에 함유되어있는 폴리페놀류는 neochlorogenic acid, chlorogenic acid, quercetin-3-rutinoside, quercetin, cyanidin-3-galactoside, cyanidin-3-glucoside, cyanidin-3-arabinoside, cyanidin-3-xyloside 등의 안토시아닌 함량에 의한 것이라고 보고하였다. Lee 등(55)은 당귀 열수 추출물을 이용한 막걸리의 품질특성에 관한 연구에서 당귀 열수 추출물 첨가량에 따라, 발효 기간에 따라 총 폴리페놀함량이 증가하였다고 보고하였는데 이는 본 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다.

### 관능검사

아로니아 열매를 첨가하여 제조한 막걸리의 관능검사 결과는 Table 6과 같다. 발효가 완료된 시점인 발효 14일에 막걸리를 색, 단맛, 신맛, 쓴맛, 향, 목넘김 그리고 전반적인 기호도에 대하여 실시하였다. 막걸리의 색상은 아로니아 7% 첨가군에서 가장 높게 나왔으며, 이는 대조군과 유의적 차이( $p<0.05$ )가 있었고 아로니아 첨가량이 증가할수록 선도도가 높았다. 단맛은 아로니아 1.3% 첨가군에서 높게 나왔고, 신맛은 아로니아 1.9% 첨가군에서 높게 나왔으며 쓴맛은 아로니아 1.9% 첨가군에서 특히 높게 나왔다. 이는 아로니아 열매에서 유래되는 것으로 생각된다. 향은 대조군에서 높게 나왔고, 아로니아 0.8%와 아로니아 1.9% 첨가군에서 유의적 차이( $p<0.05$ )가 있었으며, 4.80-4.93%로 대조군보다 낮게 나타났다. 특히 목넘김은 아로니아 1.3% 첨가군에서 높게 나왔으며, 전반적인 기호도에서는 아로니아 1.3% 첨가군에서 높게 나왔다. 따라서 아로니아 1.3% 첨가하는 것이 적정농도로 판단된다.

Jeon과 Lee(16)는 블루베리를 첨가한 막걸리 연구에서 블루베

Table 6. Sensory evaluation of *makgeolli* with different levels of aronia

Aronia (%)	Sensory evaluation						
	Color	Sweetness	Sourness	Bitterness	Flavor	Texture	Overall preference
0	3.17±0.65 <sup>1)(2)</sup>	3.03±1.17 <sup>c</sup>	4.40±0.83 <sup>c</sup>	5.67±0.82 <sup>b</sup>	6.93±0.70 <sup>a</sup>	5.60±0.83 <sup>b</sup>	4.80±0.68 <sup>c</sup>
0.3	3.57±0.56 <sup>c</sup>	4.50±1.21 <sup>b</sup>	4.47±0.74 <sup>c</sup>	5.60±0.83 <sup>b</sup>	6.27±0.80 <sup>ab</sup>	6.80±0.86 <sup>a</sup>	5.33±0.62 <sup>bc</sup>
0.8	5.23±1.02 <sup>b</sup>	4.93±1.03 <sup>b</sup>	5.73±0.80 <sup>b</sup>	5.73±0.70 <sup>b</sup>	4.80±0.68 <sup>c</sup>	5.60±0.51 <sup>b</sup>	5.00±0.85 <sup>bc</sup>
1.3	6.37±1.01 <sup>a</sup>	6.20±1.21 <sup>a</sup>	5.67±0.82 <sup>b</sup>	6.60±0.83 <sup>a</sup>	6.13±0.83 <sup>b</sup>	7.13±0.83 <sup>a</sup>	6.60±0.91 <sup>a</sup>
1.9	7.00±1.31 <sup>a</sup>	5.00±0.85 <sup>b</sup>	6.73±1.28 <sup>a</sup>	7.33±0.82 <sup>a</sup>	4.93±0.59 <sup>c</sup>	5.20±0.86 <sup>b</sup>	5.67±0.82 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Values are mean±standard deviations of triplicate determination

<sup>2)a-c</sup>Different superscripts in a column are significantly different ( $p < 0.05$ ).

리 10% 이하의 시험구가 관능검사에서 높은 평가를 받았다고 보고하였으며, Kim과 Eun(13)은 석류즙 농축액을 첨가한 막걸리 연구에서는 농축액 1.3% 첨가구에서 가장 높은 평가를 받았다고 보고하였다. 아로니아는 현재 다양한 기능성으로 인하여 우리나라의 초고소득 작물로 재배면적이 급속도로 늘어나고 있는 실정 이지만, 아로니아의 신맛과 짠맛으로 인해 생과로 이용하기보다는 가공용으로 개발할 필요성이 대두되고 있으며 우리 전통주의 다양화와 전통주 시장의 확대가 가능할 것으로 생각한다.

## 요 약

아로니아 첨가량을 0.3, 0.8, 1.3 및 1.9%로 제조한 막걸리의 발효 중 이화학적 특성과 관능적 특성을 조사하였다. pH는 발효 과정 중 모든 실험군에서 감소하여 발효 6일에 현저히 낮아지는 경향을 보였으며, 최종 pH는 3.49-3.74였다. 당도는 담금 직후에는 1.31-2.75°Bx로 대조구가 가장 낮았으며, 아로니아 첨가율이 증가할수록 높았다. 발효 2일째 7.96-8.53으로 최대값을 나타내었고, 그 이후부터 최종 발효일까지 서서히 감소하는 경향을 나타내었다. 산도는 담금 직후 발효 6일까지 급격히 증가하였으며 대조군에 비해서 아로니아를 첨가함에 따라 산도가 증가되었고 최종발효 14일에는 0.50-0.62%로 나타났다. 알코올 함량은 최종 발효 14일까지 완만히 증가하였고, 11.97-14.13의 분포를 나타내었으며 대조군에 비하여 아로니아 첨가군에서 알코올 함량이 높았다. 아미노산은 막걸리를 담금 직후에는 1.57-2.22%에서 최종발효 14일에는 5.86-6.92%로 나타났으며 아로니아 1.9% 첨가군에서 가장 높게 나타났다. 환원당은 발효 2일째까지 증가하다가 4 일 후부터 감소되었으며, 최종발효시점에 1.67-1.97%로 나타내었다. 총균수와 효모수는 모든 시험구가 발효 4일째 최대값을 나타내었고 이후 급격히 감소하였다. 총 폴리페놀함량과 총 플라보노이드 함량은 담금 직후부터 최종 발효시까지 증가하였으며, 아로니아 첨가량이 증가할수록 증가하였다. 관능검사 평가결과에서 색은 아로니아 1.9% 첨가군에서, 단맛은 아로니아 1.3% 첨가군에서, 신맛과 쓴맛은 아로니아 1.9% 첨가군에서 높게 나왔으며, 목넘김(목에 넘어가는 느낌)과 종합적 기호도가 아로니아 1.3% 첨가군에서 가장 우수하게 나타났고, 아로니아 막걸리의 개발 상품화 가능성이 높은 것으로 확인되었다.

## References

- Lee TJ, Hwang DY, Lee CY, Shon HJ. Changes in yeast cell number, total acid and organic acid during production and distribution processes of *makgeolli*, traditional alcohol of Korea. J. Microbiol. 45: 391-396 (2009)
- Kim YJ, Han YS. The use of Korean traditional liquors and plan for encouraging it. J. Korean Soc. Food Cult. 21: 31-41 (2006)
- Lee JW, Park JW. Quality characteristics of *makgeolli* during separation storage methods. Food Eng. Prog. 14: 346-353 (2010)
- Lee TS, Choi JY. Volatile flavor components in mash of *takju* prepared by using *Aspergillus kawachii nuruks*. Korean J. Food Sci. Technol. 37: 944-950 (2005)
- Cho EK, Kim HY, Byeon HJ, Kim SW, Choi YJ. Nitrite scavenging and alcohol metabolizing activities of hot water extract from *makgeoly* and its angiotensin converting enzyme inhibitory effect. J. Life Sci. 20: 768-774 (2010)
- Lee JS, Lee TS, Park SO, Noh BS. Flavor components in mash of *takju* prepared by different raw materials. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 316-323 (1996)
- Kim JS, Choung EM, Seok YH, Tagami H. An analysis of recognition and important factors of the development of Korean traditional liquor (*jeontongju*) trail tour: Focused on tourism resource of traditional liquors in Chungnam region. J. Tour. Stud. 21: 93-117 (2009)
- Jeong JW, Park KJ, Kim MH, Kim DS. Quality characteristics of *takju* fermentation by addition of chestnut peel powder. Korean J. Food Preserv. 13: 329-336 (2006)
- Kim JH, Lee SY, Kim KBWR, Song EJ, Kim AR, Kim MJ, Ji KW, Ahn IS, Ahn DH. Effects of *Glycyrrhiza uralensis*, *Menthae herba*, *Schizandra chinensis* and chitosan on the shelf-life and quality of *takju*. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 36: 1436-1443 (2007)
- Kim SY, Kim EK, Yoon SJ, Jo NJ, Jung SK, Kwon SH, Chang YH, Jeong YH. Physicochemical and microbial properties of Korean traditional rice wine, *makgeolli* supplemented with cucumber during fermentation. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 40: 223-228 (2011)
- Kim GW, Lee JH, Lee SA, Shim JY. Brewing characteristics of grape-*makgeolli*. Food Eng. Prog. 16: 263-269 (2012)
- Lee DH, Kim JH, Lee JS. Effect of pears on the quality and physiological functionality of *makgeoly*. Korean J. Food Nutr. 22: 606-611 (2009)
- Kim BH, Eun JB. Physicochemical and sensory characteristics of *makgeolli* with pomegranate (*Punica granatum* L.) juice concentrate added. Korean J. Food Sci. Technol. 44: 417-421 (2012)
- Lee JW, Shim JY. Quality characteristics of *makgeolli* during freezing storage. Food Eng. Prog. 14: 328-334 (2010)
- Ko YJ, Kang SD, Kang ST, Ryu CH. Quality properties and anti-allergic effect of *makgeolli* added with garlic. J. Life Sci. 21: 1592-1598 (2011)
- Jeon MH, Lee WJ. Characteristics of blueberry added *makgeolli*. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 40: 444-449 (2011)
- Park SS, Yoon JA, Kim JJ. Quality properties of *takju* (rice wine) added with kidney bean. J. East Asian Soc. Dietary Life 20: 575-581 (2010)
- Tsuneo T, Akira T. Chemical components and characteristics of black chokeberry. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi 48: 606-610 (2001)
- Sueiro L, Yousef GG, Seigler D, de Mejia EG, Grace MH, Lila MA. Chemopreventive potential of flavonoid extracts from plantation-bred and wild *Aronia melanocarpa* (black chokeberry) fruits. J. Food Sci. 71: C480-C488 (2006)



20. Jankowski A, Niedworok J, Jankowska B. The influence of Aronia melanocarpa elliot on experimental diabetes in the rats. *Herba Pol.* 45: 345-353 (1999)
21. Ohgami K, Ilieva I, Shiratori K, Koyama Y, Jin XH, Yoshida K, Kase S, Kitaichi N, Suzuki Y, Tanaka T, Ohno S. Anti-inflammatory effects of aronia extract on rat endotoxin-induced uveitis. *Physiol. Pharm.* 46: 275-281 (2005)
22. Gasiorowski K, Brokos B, Tabaka H. Evaluation of the immunomodulatory activity of four compounds exerting antimutagenic effects on human lymphocytes *in vitro*. *Cell. Mol. Biol. Lett.* 5: 469-481 (2000)
23. Niedworok J, Jankowska B, Kowalczyk E, Charyk K, Kubat Z. Antiulcer activity of anthocyanin from aronia melanocarpa elliot. *Herba Pol.* 43: 222-227 (1997)
24. AOAC. Official Method of Analysis of AOAC Intl. 9th ed. Method 991.43. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA (2000)
25. NTSTSI. Manufacturing Guideline of *Takju* and *Yakju*. National Tax Service Technical Service Institute, Seoul, Korea. pp. 195-198 (2008)
26. Kim JY, Yi YH. pH, acidity, color, amino acids, reducing sugars, total sugars, and alcohol in puffed millet powder containing millet *takju* during fermentation. *J. Korean Food Sci. Technol.* 42: 727-732 (2010)
27. Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem.* 64: 555-559 (1999)
28. Zou Y, Lu Y, Wei D. Antioxidant activity of a flavonoid-rich extract of *Hypericum perforatum* L. *in vitro*. *J. Agr. Food Chem.* 52: 5032-5039 (2004)
29. Slinkard K, Singleton VL. Total phenol analysis: Automation and comparison with manual methods. *Am J. Enol. Viticult.* 28: 49-55 (1977)
30. Kim CA, Lee WG, Lee IS, Wang MH. Changes of physicochemical, sensory, and antioxidant activity characteristics in rice wine, *yakju* added with different ratios of *Codonopsis lanceolata*. *Korean J. Food Sci. Technol.* 40: 201-206 (2008)
31. Kim JY, Yi YH. pH, acidity, color, reducing sugar, total sugar, alcohol, and organoleptic characteristics of puffed rice powder added wheat flour *takju* during fermentation. *Food Eng. Prog.* 12: 71-77 (2008)
32. Choi KW, Lee JK, Jo HJ, Lee KJ, Yoon JA, An JH, Chung KH. Fermentation characteristics of *makgeolli* made with loquat fruits (*Eriobotrya japonica* Lindley). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 975-982 (2013)
33. Kim AR, Lee SY, Kim KBWR, Song EJ, Kim JH, Kim MJ, Ji KW, Ahn IS, Ahn DH. Effect of *Glycyrrhiza uralensis* on shelf-life and quality of *takju*. *Korean J. Food Sci. Technol.* 40: 194-200 (2008)
34. Choi JH, Jeon JA, Jung ST, Park JH, Park SY, Lee CH, Kim TJ, Choi HS, Yeo SH. Quality characteristics of *seoktanju* fermented by using different commercial *nuruks*. *Korean J. Microbiol. Biotechnol.* 39: 56-62 (2011)
35. Park JH, Yeo SH, Jeong ST, Choi HS, Jeon JA, Choi JH. Characteristics of *byeok-hyang-ju* made by various processing methods originated from ancient documents. *Korean J. Food Preserv.* 17: 826-834 (2010)
36. Park CS, Lee TS. Quality Characteristics of *takju* prepared by wheat flour *nuruks*. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34: 296-300 (2002)
37. Lee ST, Kim MB, Song GW, Choi SU, Lee HJ, Heo JS. Effect of *dunggulle* (*Polygonatum odoratum*) extracts on quality of *yakju*. *J. Korean J. Food Preserv.* 7: 262-266 (2000)
38. Lee IS, Yang EJ, Jeong YJ, Seo JH. Fermentation process and physicochemical characteristics of *yakju* (Korean cleared rice wine) with addition of ginseng powder. *Korean J. Food Preserv.* 6: 463-468 (1999)
39. Han EH, Lee TS, Noh BS, Lee DS. Quality characteristics in mash of *takju* prepared by using different *nuruk* during fermentation. *J. Korean Food Sci. Technol.* 29: 555-562 (1997)
40. Yang HS, Eun JB. Fermentation and sensory characteristics of Korean traditional fermented liquor (*makgeolli*) added with citron (*Citrus junos* SIEB ex TANAKA) juice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43: 438-445 (2011)
41. Lee SM, Lee TS. Effect of roasted rice and defatted soybean on the quality characteristics of *takju* during fermentation. *J. Nat. Sci.* 12: 71-79 (2000)
42. Park JH, Bae SM, Yook C, Kim JS. Fermentation characteristics of *takju* prepared with old rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 609-615 (2004)
43. Lee HN, Lee JM, Chang YH. Quality characteristics of *makgeolli* supplemented with cranberries. *J. East Asian Soc. Dietary Life* 23: 85-91 (2013)
44. Song JC, Park HJ, Shin WC. Suppression of solid matters precipitation of *takju* and its quality improvement by carageenan. *Korean J. Food Nutr.* 19: 288-295 (2006)
45. Kim JS, Kwak EJ, Lee YS. Effect on the quality characteristics of Korean traditional wines with the addition of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *Korean J. Food Cook. Sci.* 22: 914-922 (2006)
46. Kim JH, Lee SH, Kim NM, Choi SY, Yoo JY, Lee JS. Manufacture and physiological functionality of Korean traditional liquor by using dandelion (*Tarax-acum platycarpum*). *Microbiol. Biotechnol. Lett.* 28: 367-371 (2000)
47. So MH, Lee YS, Noh WS. Changes in microorganisms and main components during *takju* brewing by a modified *nuruk*. *Korean J. Food Nutr.* 12: 226-232 (1999)
48. Yang HS, Hwang SJ, Lee SH, Eun JB. Fermentation characteristics and sensory characteristics of *makgeolli* with dried citron (*Citrus junos* SIEB ex TANAKA) peel. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43: 603-610 (2011)
49. Ji SH, Han WC, Lee JC, Kim BW, Jang KH. Fermentation characteristics of *moru* wine fermented with rose rugoga thun. *Korean J. Food Sci. Technol.* 41: 186-190 (2009)
50. 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)
51. Chen Y, Hwang JA, Chang YH. Quality Characteristics of *makgeolli* added with red bean. *Korean J. Cook. Sci.* 29: 777-784 (2013)
52. Kim GM, Jung WJ, Shin JH, Kang MJ, Sung NJ. Preparation and quality characteristics of *makgeolli* made with black garlic extract and *sulgidduk*. *J. Korea Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 759-766 (2011)
53. Bae IY, Woo JM, Yoon EJ, Kim JS, Lee HG, Yang CB. The development of Korean traditional wine using the fruits of *opuntia ficus-indica* var. *saboten*-II: Characteristics of liquors. *J. Korean Soc. Appl. Bi.* 45: 59-65 (2002)
54. Hwang ES, Lee YJ. Quality characteristics and antioxidant activities of *yanggaeng* with aronia juice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 1220-1226 (2013)
55. Lee JM, Lee HN, Chang YH. Quality characteristics of *makgeolli* using *Angelica gigas* nakai water extracts. *J. East Asian Soc. Dietary Life* 23: 332-340 (2013)