



으뜸도라지 막걸리의 저장기간별 품질특성 및 항산화활성

이연진¹ · 변광인¹ · 진소연^{2,*}

¹영남대학교 식품과학과 외식산업학 전공, ²숙명여자대학교 전통문화예술대학원 전통식생활문화전공

Quality Characteristics and Antioxidant Activities of Traditional Korean Rice Wine, *Makgeolli*, Fermented with *Etteum* Bell Flower Root Variety in *Platycodon grandiflorum*

Yeon-Jin Lee¹, Gwang-In Byun¹, So-Yeon Jin^{2,*}

¹Department of Food Service Industry, Yeungnam University, Korea

²Department of Traditional Dietary Life Food, Graduate School of Culture and Arts, Sookmyung Women's University, Korea

Abstract

This study investigated the quality characteristics and antioxidant activities of *Makgeolli* (a traditional Korean rice wine) made with *Etteum* bell flower root (0.5, 1, 1.5, and 2% with steamed rice) during fermentation. The pH values of *Makgeolli* with *Etteum* bell flower root powder decreased after 3 days of fermentation and then increased after 5 days of fermentation. Sugar content decreased after 3 days of fermentation. Color evaluation showed the L values of these drinks decreased during fermentation, whereas a and b values both increased. The alcohol content of *Makgeolli* increased after fermentation, reaching a maximum concentration of 7.90-8.07% by the end of fermentation. Total phenolic compound contents and DPPH radical scavenging activities increased as the ratio of *Etteum* bell flower root increased. Sensory scores of *Makgeolli* fermented with 1.5% *Etteum* bell flower root were greater than those of *Makgeolli* prepared by other treatments. Therefore, *Makgeolli* added with 1.5% *Etteum* bell flower root added considered to be the most suitable for manufacturing.

Key Words: *Makgeolli*, *Etteum* bell flower root, *Platycodon grandiflorum*, antioxidant activity, quality characteristics

1. 서 론

도라지(*Platycodon grandiflorum*)는 초롱꽃과에 속하는 다년생 초본의 뿌리로 한국을 비롯한 일본, 중국 등지에서 주로 자생하고 있다(Lee et al. 2013). 도라지의 뿌리인 길경은 우리나라에서 전통적으로 산채, 나물, 산적 및 정과 등의 식재료로 사용 될 뿐 아니라 한약재로도 널리 이용되고 있는데(Bae et al. 2014), 1-2년근은 주로 식재료로 사용되고, 3년근 이상은 기관지 질환의 치료 및 예방을 위한 약재로 이용된다(Kim et al. 2016). 길경은 한방에서 배농, 거담, 편도염, 진해약 등으로 사용되고 있으며(Lee et al. 2000), 최근 연구를 통해 항균, 혈당강하, 항보체활성 등의 효과가 있는 것으로 보고됨에 따라(Hwang et al. 2013), 도라지를 건강기능식품소재로 이용하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다(Lee et al. 2013).

막걸리는 우리나라의 대표적인 전통주로, 맑은 술을 떠내지 않고 그대로 걸러 만든다고 하여 탁주(濁酒)라고 부르며, 집집마다 빙는다고 하여 '가주(家酒)', 제사상에 올리는 술은

'제주(祭酒)', 빛이 희다고 하여 '백주(白酒)' 등으로도 불렀다(Cha 2015). 막걸리는 알코올 농도가 5-8% 사이의 저도주로(Jeon & Park 2014), 발효과정에서 단맛과 신맛 등의 오미가 고루 조화되어 있으며(Han et al. 1997), 특유의 지미(旨味)와 청량미를 지닐 뿐 아니라, 생효모나 비타민 B군을 비롯한 phenylalanine, threonine과 leucine 등의 필수 아미노산 및 glutathione을 함유하는 영양가가 풍부한 주류이다(Lee et al. 2014). 우리나라 전통 발효주는 주로 멥쌀이나 찰쌀을 원료로 하고 누룩을 발효제로 양조하여 왔으나(Kim et al. 2008), 최근 경제 성장 및 식문화 향상과 더불어 건강에 대한 관심이 증대되면서, 다양한 약재 및 소재를 접목한 전통 주류가 개발되는 추세이며, 이에 대한 소비자의 수요도 증가하고 있다(Son & Jung. 2014). 따라서 막걸리에 다양한 재료를 첨가한 풍미와 기능성을 증진시키기 위한 연구들이 수행되고 있는데 특히 건강기능성 소재로서 인삼(Min et al. 2015), 구기자잎(Kim et al. 2013), 천년초(Jung et al. 2013), 맥문동(Song et al. 2009)등을 첨가한 막걸리의 품질 특성 연구가 수행되었다.

*Corresponding author: So-Yeon Jin, 717 Queen Sunheon BD, Sookmyung Univ. Cheongpa-ro 47-gil 100, Youngsan-gu, Seoul 140-742, Korea
Tel: 82-10-7287-9943 Fax: 02-2077-7473 E-mail: syjin@sm.ac.kr

최근 도라지의 약리효과가 알려지면서, 도라지의 소비량과 재배면적이 증가되고, 품종 개발 또한 이루어지고 있다(Jeong et al. 2006). 신품종 도라지 중 ‘으뜸도라지’는 재래종 도라지에 비해 생육이 5배가량 빠르고, 크기가 크기 때문에 ‘슈퍼도라지’라고도 불린다(Oh 2016). 으뜸도라지는 일반 재래종에 비해 37% 정도 생산량이 많고, 수확이 빠른 것이 특징이며, 일반도라지보다 조단백, 조사포닌 함량이 높을 뿐 아니라, 총페놀 함량 및 DPPH 라디칼 소거능 SOD 유사활성에서 일반도라지보다 항산화능이 우수하므로(Kang et al. 2017) 가공식품 또는 건강기능 식품소재로 활용가치가 매우 높다. 현재까지 우수한 품종으로 개발된 으뜸도라지 식품 개발 연구로는 으뜸도라지 분말을 첨가한 매작과(Oh 2016)와 으뜸도라지 정과(Baek et al. 2017) 외에는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 기존 재래종 도라지에 비해 재배가 용이할 뿐 아니라 생리 활성 및 기능성이 우수한 으뜸도라지를 고부가가치 식품소재로 활용하기 위하여, 전통주인 막걸리에 첨가하여 막걸리 제조 가능성을 검토하고 발효기간에 따른 으뜸도라지 막걸리의 품질 특성과 관능 특성을 연구하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

본 연구에 사용된 3년근 으뜸도라지는 2016년 5월에 충남 금산군에서 채취하였다.

막걸리 제조에 사용한 백미는 시판 중인 해남쌀을 이마트에서 구입하였으며, 막걸리 제조 용수는 시판생수(Icis 8.0, Korea)를 사용하였다. 당화를 위한 발효제는 재래누룩(우리밀100%, 송학곡자, 한국)과 시판 건조효모인 송천효모(청양군, 한국)를 사용하였다.

2. 으뜸도라지 분말 제조

으뜸도라지는 채취 후 깨끗하게 수세 한 후 동결건조기(PVTFD20R, Ilshin, Seoul, Korea)에서 건조한 뒤 분쇄기(FM-681C, Hanil, Korea)를 이용하여 마쇄 한 후 40mesh의 표준망체에 내린 다음 polyethylene팩에 담아 -40°C deep freezer (MDF-415, Sanyo, Japan)에 보관하면서 시료로 사용하였다.

3. 으뜸도라지 막걸리 제조

으뜸도라지 첨가 막걸리의 제조방법은 선행연구(Jo et al. 2014, Lee et al. 2013)를 참고하여 예비 실험 및 관능평가를 수행하여, 으뜸도라지 분말 최대 첨가량과 발효 온도 및 기간을 설정하여 다음과 같이 제조하였다. 멥쌀 1.2 kg을 세척하여 9시간 동안 물에 침지한 후, 체에 받쳐 40분 동안 물기를 제거하였다. 물기를 제거한 쌀을 찜 솥에 넣고 100°C에서 50 min 동안 증자(蒸蒸)하고 20 min 뜸을 들인 후 고두

밥을 만들었다. 25°C에서 고두밥을 고루 퍼서 빠르게 식히고 4 L의 유리병에 고두밥, 효모(5.0 g, 9.83 Log CFU/g of yeast), 누룩(150 g), 으뜸도라지 분말을 0, 0.5, 1, 1.5, 2%의 비율로 첨가 하고, 생수 2.0 L를 넣고 골고루 혼합하였다. 제조한 시료를 25°C의 인큐베이터(INB-15R, Jeongbiotech, Korea)에서 9일 동안 발효시킨 후 5°C에서 2일간 숙성하였다. 발효 중의 막걸리는 1일부터 9일까지 이틀간격으로 채취한 뒤 3500 rpm에서 2분간 원심분리(MPW-54, Mpw med instruments, Poland)하여 상등액을 분석용 시료로 사용하였다.

4. pH 및 당도

발효기간에 따른 으뜸도라지 막걸리의 pH는 pH Meter (FP20, Metter toledo, Switzerland)로 3회 반복하여 측정하고, 평균값을 나타내었다. 발효기간별 으뜸도라지 막걸리의 당도는 가용성 고형물 함량을 당도계(Pocket PAL-3, Atago, Japan)를 사용하여 3회 반복하여 측정하고 평균값을 나타내었으며, 단위는 Brix %로 표시하였다.

5. 알코올 함량

발효기간에 따른 으뜸도라지 막걸리의 알코올 함량은 국제청 주류분석규정(National tax service 2010)에 의해 시료 100 mL를 메스실린더로 취하여 삼각 플라스크에 옮긴 후 증류 및 냉각기에 연결하여 가열한다. 증류액 70 mL에 증류수로 100 mL 정용 한 후 주정환산표(Gay Luccac table)를 이용하여 15°C로 보정하였고, 주정계(211-DK-12, Deakwang, Korea)로 값을 얻어 주정환산표를 이용하여 알코올 함량으로 나타내었다.

6. 산도

발효기간에 따른 으뜸도라지 막걸리의 산도측정은 Cheon (2013)의 방법에 준하여 측정하였다.

시료 5 mL을 취한 후 증류수로 10배 희석 한 뒤 1% phenolphthalein을 지시약으로 하고 0/1 N NaOH 용액으로 중화회정한 후, 초산계수 0.006을 곱하여 acetic acid 백분율(%)로 환산하여 나타내었다.

$$\text{Acidity}(\%) = V \times F \times 0.006 \times D \times 100 \times 1/S$$

V=0/1 N NaOH 용액의 적정량(mL)

F=0/1 N NaOH 용액의 역가

0.006: 0/1 N NaOH 용액 1 mL에 해당하는 초산의 양

D: 희석배수

S: 시료의 채취량

7. 색도

으뜸도라지 막걸리의 발효기간에 따른 색도는 색도계(CR-310, Konica Minolta, Japan)를 사용하여 L (lightness, 명도), a (redness, 적색도), b (yellowness, 황색도) 값을 3회 반복

측정하여 평균값으로 나타내었다. 이 때 사용한 표준 백판 (standard plate)의 L, a, b 값은 각각 94.27, 0.05, 1.75이었다.

8. 총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis phenol method의 방법을 응용한 Swain & Hills(1959)의 방법에 준하여 측정하였으며, 발효가 끝난 으뜸도라지 막걸리 150 µL에 2400 µL의 증류수와 2 N Folin-Ciocalteu's reagent (Sigma, USA) 150 µL를 가한 후 3분간 반응시켰다. 반응액에 1 N Sodium carbonate (Na₂CO₃) 300 µL를 가하여 암소에서 2시간 동안 반응시킨 후 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 gallic acid (Sigma, USA)를 사용하여 표준곡선을 작성한 후 총 폴리페놀 함량은 3회 반복하여 얻은 평균값을 mg gallic acid (mg GAE/g)로 나타내었다.

9. DPPH 자유라디칼 소거활성

DPPH 자유라디칼 소거활성은 Blois(1958)방법에 준하여 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) free radical에 대한 소거능을 측정하였다. 발효가 끝난 으뜸도라지 막걸리 900 µL에 DPPH 용액(1.5×10⁻⁴) 300 µL를 가하여 교반한 다음 암소에서 30분간 방치 후 UV/VIS spectrophotometer (V-530, Jasco, Japan)로 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 자유라디칼 소거활성은 DPPH 라디칼을 3회 반복 측정하여 얻은 평균값과 표준편차로 나타내었다.

10. 관능 평가

발효 후 숙성한 으뜸도라지 막걸리에 대하여 숙명여자대학교 식품관련 전공 졸업생 중 본 연구에 동의한 20명을 패널로 선정하여 훈련시킨 후 기호도와 관능적 특성에 대한 차이를 7점 평점법으로 실시하였다(IRB승인번호: SMWU-1707-HR-068).

관능 평가 항목은 색(color), 향(aroma), 맛(taste), 전체적인 기호도(overall acceptability)와 관능적 특성에 대한 강도를 평가하도록 하였고 기호도가 높을수록 높은 점수를 주도록 하였으며, 7점 척도로 평가하였다.

11. 통계 처리 방법

모든 자료의 통계 분석에는 SPSS statistics (ver. 23.0, IBM Corp., USA)를 사용하였다. 각 항목별 실험 결과들은 3회 반복 측정된 평균값을 이용하여 일원배치 분산분석(One-way ANOVA) 및 이원배치 분산 분석(Two-way ANOVA)을 실시하였고, 시료 간의 유의적 차이가 있으면 Duncan's multiple range test를 통해 사후 검증하였다(p<0.05).

III. 결과 및 고찰

1. pH의 변화

막걸리의 발효 과정 중 알코올 생성 과정에서 복합적으로 증가되는 산성물질은 막걸리의 발효 진행 상황을 짐작할 수 있는 중요한 지표 성분으로(Kim et al. 2008), 막걸리의 발효 과정 중 생성된 탄산가스는 막걸리에 용해되어 pH에 영향을 주게 된다(Lee et al. 2013). 으뜸도라지 첨가 막걸리의 발효기간 중 pH의 변화를 살펴본 결과는 <Table 1>과 같다. 발효 1일차 으뜸도라지 막걸리의 pH는 4.40-4.48 수준이었고, 발효 3일차에는 3.93-4.09로 완만하게 감소하다가 발효 5일째에는 4.13-4.25로 서서히 증가하였다. 다시 발효 완료 9일차에는 4.37-4.58로 증가하여 발효기간에 따라 유의적 차이가 나타났으며, 발효가 끝난 으뜸도라지 막걸리의 pH는 주세법상 탁주 pH 범위인 3.8-4.7 사이로 측정되었다(Choi et al. 2013). 발효 3일차에 pH가 감소한 것은 발효기간 동안 원료나 술덧에 생육하는 미생물 군집에 의해 유기산의 생성량이 증가하여 pH가 저하되는 것으로 사료되며, 이러한 결과는 마치현 탁주(Cha 2015), 산양삼 첨가 막걸리(Kim. 2012)의 연구에서 막걸리 발효기간 동안 pH가 완만히 감소하였다가 이후 증가하였다고 하여, 본 연구 결과와 비슷한 경향을 나타내었다. 또한 발효 5일차에 pH가 올라간 것은 고두밥과 으뜸도라지의 단백질이 분해되어 아미노산과 펩타이드의 완충작용에 의한것으로(Cha 2015 & Min et al. 2015) 사료되며, 여러 연구에서 막걸리의 발효 과정 중 pH는 발효 초기 급격히 감소하였다가 발효가 진행되며 완만하게 증가한다고 보고하여 본 연구의 결과와 유사하였다.

<Table 1> Changes of pH in Makgeolli with Etteum bell flower root (Platyodon grandiflorum) during fermentation

Samples	Fermentation period (days)					F-value (p)
	1	3	5	7	9	
0%	4.47±0.02 ^{1)ba}	4.09±0.01 ^{eA}	4.25±0.02 ^{dA}	4.50±0.01 ^{cA}	4.58±0.03 ^{aA}	4411.35 (0.000)***
0.5%	4.48±0.01 ^{bB}	3.93±0.02 ^{eB}	4.23±0.01 ^{dB}	4.44±0.01 ^{cB}	4.48±0.00 ^{aB}	
1%	4.41±0.01 ^{bC}	3.98±0.01 ^{eC}	4.19±0.01 ^{dC}	4.38±0.02 ^{cC}	4.45±0.01 ^{aC}	
1.5%	4.40±0.01 ^{bD}	4.00±0.02 ^{ED}	4.18±0.01 ^{dD}	4.35±0.01 ^{cD}	4.40±0.01 ^{aD}	
2%	4.40±0.01 ^{bE}	3.93±0.01 ^{eE}	4.13±0.01 ^{dE}	4.32±0.01 ^{cE}	4.37±0.01 ^{aE}	
F-value (p)	328.809 (0.000)***					

¹⁾Each value is mean±SD (n=3)

^{a-e}Values with different small letters within a row are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

^{A-E}Values with different large letters within a column are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

<Table 2> Changes of sugar contents in *Makgeolli* with *Etteum* bell flower root (*Platyodon grandiflorum*) during fermentation

Samples	Fermentation period (days)					F-value (p)
	1	3	5	7	9	
0%	9.07±0.12 ^{1)ab}	7.30±0.00 ^{bB}	7.07±0.06 ^{cB}	6.53±0.25 ^{dB}	6.43±0.21 ^{eB}	2.610 (0.000)***
0.5%	8.90±0.10 ^{aB}	7.43±0.06 ^{bB}	7.17±0.06 ^{cB}	6.90±0.10 ^{dB}	6.53±0.06 ^{eB}	
1%	8.57±0.12 ^{aAB}	7.43±0.06 ^{bAB}	7.00±0.10 ^{cAB}	6.80±0.00 ^{dAB}	6.70±0.06 ^{eAB}	
1.5%	8.53±0.15 ^{aAB}	7.47±0.06 ^{bAB}	7.10±0.10 ^{cAB}	6.90±0.00 ^{dAB}	6.73±0.06 ^{eAB}	
2%	8.63±0.12 ^{aA}	7.37±0.06 ^{bA}	7.23±0.06 ^{cAB}	6.90±0.17 ^{dA}	6.73±0.00 ^{eA}	
F-value (p)	963.189 (0.000)***					

¹⁾Each value is mean±SD (n=3)

^{a-e}Values with different small letters within a row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

^{A-B}Values with different large letters within a column are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

<Table 3> Changes of alcohol contents in *Makgeolli* with *Etteum* bell flower root (*Platyodon grandiflorum*) during fermentation

Samples	Fermentation period (days)					F-value (p)
	1	3	5	7	9	
0%	3.90±0.10 ^{1)cb}	5.43±0.06 ^{dB}	6.73±0.06 ^{cB}	7.83±0.06 ^{bB}	7.89±0.06 ^{aB}	4.305 (0.005)**
0.5%	3.90±0.10 ^{eAB}	5.60±0.00 ^{dAB}	6.87±0.06 ^{cAB}	7.93±0.12 ^{bAB}	7.97±0.06 ^{aAB}	
1%	3.97±0.15 ^{eB}	5.40±0.10 ^{dB}	6.83±0.12 ^{cB}	7.60±0.10 ^{bB}	7.80±0.17 ^{aB}	
1.5%	3.95±0.05 ^{eAB}	5.43±0.15 ^{dAB}	6.70±0.00 ^{cAB}	7.90±0.10 ^{bAB}	7.93±0.06 ^{aAB}	
2%	3.90±0.10 ^{eA}	5.57±0.06 ^{dA}	6.93±0.06 ^{cA}	7.80±0.10 ^{bA}	8.03±0.10 ^{aA}	
F-value (p)	5005.598 (0.000)***					

¹⁾Each value is mean±SD (n=3)

^{a-e}Values with different small letters within a row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

^{A-B}Values with different large letters within a column are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

으뜸도라지 첨가 농도에 따른 막걸리의 pH를 살펴본 결과, 대조군인 무첨가 막걸리의 pH가 가장 높았으며, 으뜸도라지 2% 첨가군 막걸리의 pH는 가장 낮게 측정되었다. 이는 도라지의 첨가량이 증가할수록 pH가 유의적으로 낮아졌다는 도라지 분말을 첨가한 쿠키의 품질특성(Jeong et al. 2013)과 도라지를 첨가한 식혜(Jeong & Yu 2013)연구에서와 같은 결과를 보였으나 장뇌삼 첨가 탁주(Choi et al. 2013)와는 반대의 결과를 나타내었는데 이는 첨가되는 소재의 성분에 따라 pH의 차이가 있는 것으로 사료된다.

2. 당도의 변화

전통주 중의 당분은 미생물의 발효 기질로 이용되어 발효주의 에탄올 생성과 감미도에 관여하는 성분으로 사용되는데(Kim et al. 2012), 으뜸도라지 첨가 막걸리의 발효기간 중 당도 측정 결과는 <Table 2>에 나타내었다. 1일차에서는 8.53-9.07 Brix %로 측정되었으며, 발효 3일차에는 7.30-7.47 Brix %로 급격히 감소하였는데, 이는 발효 초기에는 주로 누룩에 의해 당화가 진행되다가 발효 3일차 이후부터는 효모에 의해 당분이 소모되는 것으로 사료된다(Kim et al. 2013). 이후 발효 완료 9일째까지 당도는 서서히 감소하는 경향을 보였으며 이는 당화 아밀라아제 작용으로 원료의 전분질은 당분으로 분해되고 동시에 효모의 영양원이나 발효 기질로 이용되므로 발효 후기의 총당 함량이 감소하였다는

(Choi et al. 2013, Lee et al. 2013) 결과와 일치하였다. 으뜸도라지의 첨가량이 증가할수록 당도는 높게 측정되었는데, Min & Cho(1994)는 약용주의 발효특성 연구에서 발효종료일에 길경의 전당 함량이 다른 약재류에 비해 높게 나타났으며, Jin et al.(2008)의 연구에서는 더덕의 첨가량이 증가할수록 발효최종 총당 함량이 많게 나타났는데 이는 더덕에 함유된 12.3%의 탄수화물과 조성이 효모균의 이용에 영향을 미친 것으로 보고하였다. 본 실험에 사용했던 으뜸도라지(3년근)의 일반성분을 측정된 결과 탄수화물 함량이 28.6%로 이 같은 도라지의 조성이 더덕 첨가 탁주와 같은 결과를 나타내었다고 사료된다.

3. 알코올 함량의 변화

에탄올 함량은 막걸리의 주질을 결정하는 중요한 성분으로 막걸리 제조시 향미나 보존성에 영향을 주는 중요한 요인이며, 담금 후 발효에 의해 당이 에탄올과 CO₂로 분해하여 기포가 발생하는 것으로 알코올 발효가 진행되고 있음을 알 수 있다(Lee et al. 2013).

으뜸도라지 첨가 막걸리의 발효기간에 따른 알코올 함량의 변화를 측정된 결과는 <Table 3>과 같다. 알코올 함량은 발효가 진행됨에 따라 유의적으로 증가하였으며($p<0.00$), 발효 1일차 알코올 함량은 3.90-3.97%로 나타났고, 발효 3일차에 5.40-5.60%로 알코올 함량이 완만히 증가하다가, 발효완

<Table 4> Changes of acidity in *Makgeolli* with *Etteum* bell flower root (*Platydodon grandiflorum*) during fermentation

Samples	Fermentation period (days)					F-value (p)
	1	3	5	7	9	
0%	0.39±0.01 ^{1)kA}	0.42±0.02 ^{dA}	0.45±0.02 ^{ba}	0.44±0.01 ^{aA}	0.42±0.01 ^{bA}	22.754 (0.000)***
0.5%	0.41±0.02 ^{EA}	0.40±0.01 ^{dA}	0.44±0.01 ^{ba}	0.43±0.01 ^{aA}	0.42±0.01 ^{bA}	
1%	0.41±0.02 ^{EA}	0.40±0.02 ^{dA}	0.42±0.01 ^{ba}	0.43±0.01 ^{aA}	0.41±0.01 ^{bA}	
1.5%	0.39±0.02 ^{EB}	0.37±0.02 ^{dB}	0.39±0.02 ^{bb}	0.43±0.01 ^{aB}	0.41±0.01 ^{bB}	
2%	0.40±0.01 ^{EC}	0.33±0.02 ^{dC}	0.38±0.01 ^{bC}	0.42±0.01 ^{aC}	0.40±0.01 ^{bC}	
F-value (p)	28.581 (0.000)***					

¹⁾Each value is mean±SD (n=3)

^{a-d}Values with different small letters within a row are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

^{A-C}Values with different large letters within a column are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

료 9일차에는 알코올 함량이 7.90-8.07%로 측정되어 발효가 진행됨에 따라 알코올 농도가 서서히 증가되는 것으로 나타났는데, 이는 발효 초기에 알코올 함량이 급격히 증가하고 발효 중반 이후부터는 완만히 증가한다는 오가피 약주(Kim et al. 2008)연구결과와 비슷한 경향을 나타내었다. 선인장 첨가 약주(Cho et al. 2010)연구에서는 선인장의 열매 및 줄기의 함량에 따른 시료구별 에탄올 함량 변화의 차이는 없었다고 보고하였으나, 더덕 첨가 막걸리(Jin et al. 2008)연구에서는 더덕 첨가량이 증가할수록 막걸리의 에탄올 함량이 낮은 것으로 나타났으며, 이는 더덕에 함유된 탄수화물에 대한 효모의 이용율이 낮아서 생긴 결과라고 보고하였다. 본 연구에서는 으뜸도라지 첨가량이 증가함에 따라 알코올 함량이 미미하게 감소하였으나 유의적인 차이를 나타내지는 않았다. 이러한 결과는 더덕첨가 막걸리의 연구결과와 같이 백미에 비하여 상대적으로 으뜸도라지의 탄수화물(28.6%)의 함량과 조성에 대한 효모의 이용률이 떨어진데서 생긴 결과라고 사료된다.

4. 산도의 변화

산도는 막걸리의 성분 변화를 쉽게 알 수 있는 요인이며, 알코올 생성과정에서 복합적으로 생성되므로 막걸리의 발효 진행을 확인할 수 있는 지표성분이다(Jeon et al. 2011). 으뜸도라지를 첨가하여 제조한 막걸리의 발효기간 중 산도의 변화는 <Table 4>와 같다. 발효 1일차에 0.39-0.41%를 나타냈으며 발효 3일차부터 0.33-0.42%로 완만하게 변화하다가 발효 5일차에 0.45-0.38%로 증가하였으며 발효 9일차에는 0.42-0.40%로 대조군 및 모든 첨가 첨가군에서 산도가 감소하였다.

발효 시작부터 5일차까지 산도가 증가한 이유는 발효기간 동안 효모 및 젖산균 등 미생물 작용으로 인해 생성된 각종 유기산에 의해 총산 함량이 증가된 것으로 사료된다(Choi et al. 2013). 으뜸도라지 첨가 농도에 따른 막걸리의 산도 변화를 보면 2% 첨가군에서 산도가 가장 낮게 나타났는데, 이는 Jeong et al. (2006)의 연구에서 30% 울피가루를 첨가한 탁주의 총산 함량이 가장 낮다는 결과와 일치하였다. Choi et

al. (2013)의 연구에서 장뇌삼을 첨가한 탁주가 일반 탁주에 비해 산도가 비교적 낮게 나타나 본 연구결과와 비슷한 양상을 보였으며, 이는 으뜸도라지와 같은 약리적 효능이 우수한 사포닌 계열의 성분 때문이라 생각된다.

인삼 약주의 품질특성(Kong et al. 2011) 연구에서 홍삼이나 백삼의 첨가 비율에 따른 총산의 증가는 이들의 첨가가 발효에 관여하는 미생물의 생장에 영향을 미치게 되는데, 이러한 결과는 인삼추출물의 첨가 농도가 0.3%이면 효모 생육이 촉진되고, 0.7% 이상이면 효모 생육이 억제된다고 하였다.

반면 비파열매 첨가 막걸리(Choi et al. 2013), 민들레 첨가 막걸리(Lee et al. 2012)의 연구에서 부재료의 첨가량이 증가할수록 막걸리의 산도가 높은 경향을 나타내었으며, 녹차막걸리(Jo et al. 2014)연구에서는 녹차 첨가군과, 무첨가군의 최종 총산 함량은 큰 차이를 보이지 않았다고 보고하였는데, 막걸리의 산도는 첨가재료의 특성에 기인함을 확인할 수 있었다.

5. 색도의 변화

으뜸도라지 막걸리의 발효기간에 따른 색도를 측정한 결과는 <Table 5>와 같다. 막걸리의 밝기를 나타내는 L값은 발효 1일차에 57.23-66.68에서 발효 최종 9일차에 55.28-59.45로 발효가 진행됨에 따라 명도는 서서히 낮아지는 경향을 보였다. 적색도를 나타내는 a값과, 황색도를 나타내는 b값은 발효기간에 따라 서서히 증가하는 경향을 나타내었으며, 이는 발효가 진행되면서 원료물질의 분해 및 알코올 생성에 따른 것으로 사료된다. 으뜸도라지 첨가 농도에 따른 색도의 변화를 살펴보면, 막걸리의 L값은 발효 종료 9일차에 대조군이 가장 높았고, 으뜸도라지의 첨가량이 증가할수록 명도는 낮아지는 경향을 나타내어, 2% 첨가군이 가장 낮게 측정되었다. 반면 b값은 2% 첨가군에서 9.90으로 가장 높은 값을 나타내었는데 이는 도라지의 성분 중에서 flavonoide에 의해 황색도가 증가된 것으로 사료되며, 더덕 첨가 약주(Jin et al. 2008)연구에서도 더덕을 첨가한 시험구가 무첨군에 비해 b값이 증가하여 본 연구결과와 유사하였다.

Table 5. Changes of color parameters in *Makgeolli* with *Etteum* bell flower root (*Platyodon grandiflorum*) during fermentation

Color difference	Samples	Fermentation period (days)					F-value (p)
		1	3	5	7	9	
L value	0%	66.68±0.40 ^{aA}	66.26±0.16 ^{bcA}	63.27±0.67 ^{dA}	63.00±0.22 ^{cdA}	59.45±1.01 ^{bA}	135.020 (0.000)***
	0.5%	62.77±1.28 ^{aB}	61.40±0.17 ^{bB}	59.63±2.27 ^{dB}	57.71±0.91 ^{cdB}	59.11±0.57 ^{bB}	
	1%	59.92±2.33 ^{aC}	54.62±1.06 ^{bcC}	53.92±0.44 ^{dC}	56.60±1.86 ^{cdC}	58.79±0.95 ^{bC}	
	1.5%	57.71±1.72 ^{aC}	55.64±1.62 ^{bcC}	54.04±0.45 ^{dC}	55.66±0.56 ^{cdC}	59.44±0.60 ^{bC}	
	2%	57.23±1.14 ^{ad}	52.53±0.77 ^{bcD}	51.53±2.50 ^{dD}	53.24±1.70 ^{cdD}	55.28±1.18 ^{bD}	
	F-value (p)	26.020 (0.000)***					
a value	0%	-1.19±0.06 ^{cA}	-2.09±0.04 ^{dA}	-0.85±0.02 ^{bA}	-0.79±0.02 ^{aA}	-1.07±0.04 ^{bA}	25.086 (0.000)***
	0.5%	-1.30±0.12 ^{cA}	-1.89±0.08 ^{dA}	-1.95±0.08 ^{bA}	-0.70±0.14 ^{aA}	-1.07±0.04 ^{bA}	
	1%	-1.18±0.18 ^{cA}	-2.02±0.14 ^{dA}	-0.85±0.01 ^{bA}	-0.96±0.02 ^{aA}	-1.28±0.03 ^{bA}	
	1.5%	-1.34±0.06 ^{cB}	-1.63±0.19 ^{dB}	-0.81±0.01 ^{bB}	-0.62±0.03 ^{aB}	-1.12±0.02 ^{bB}	
	2%	-1.15±0.09 ^{cC}	-1.91±0.16 ^{dC}	-1.11±0.02 ^{bC}	-0.72±0.01 ^{aC}	-0.76±0.00 ^{bC}	
	F-value (p)	365.472 (0.000)***					
b value	0%	8.82±0.08 ^{cA}	6.97±0.70 ^{dA}	9.21±0.14 ^{bA}	10.62±0.17 ^{aA}	8.68±0.13 ^{bA}	95.208 (0.000)***
	0.5%	7.70±0.64 ^B	6.27±0.26 ^{dB}	5.69±0.10 ^{bB}	9.71±0.17 ^{aB}	8.67±0.16 ^{bB}	
	1%	6.93±0.50 ^B	4.44±0.38 ^{dB}	9.03±0.04 ^{bB}	9.38±0.08 ^{aB}	7.61±0.12 ^{bB}	
	1.5%	6.30±0.23 ^{cA}	7.55±0.41 ^{dA}	10.40±0.06 ^{bA}	11.58±0.14 ^{aA}	8.52±0.22 ^{bA}	
	2%	8.08±0.33 ^{cA}	8.13±0.30 ^{dA}	8.19±0.01 ^{bA}	9.73±0.05 ^{aA}	9.90±0.14 ^{bA}	
	F-value (p)	325.329 (0.000)***					

¹⁾Each value is mean±SD (n=3)

^{a-d}Values with different small letters within a row are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

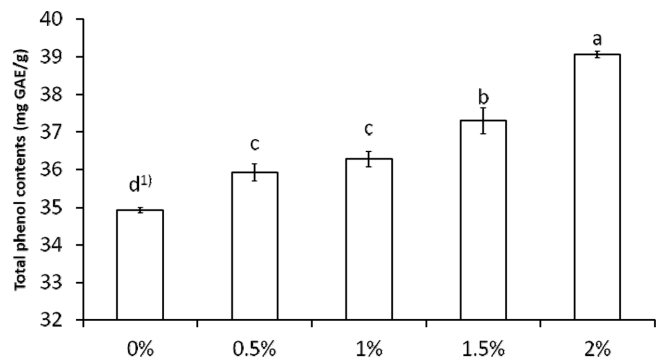
^{A-C}Values with different large letters within a column are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

6. 총 폴리페놀 함량

페놀계 성분은 항암, 항알레르기, 당뇨병 및 심장질환 예방 등의 효능이 있는 것으로 알려져 있으며, 항산화작용을 가진 대표물질로(Yun et al. 2014), 본 실험에 사용된 3년산 으뜸도라지의 총폴리페놀 함량이 83.6 mg GAE/g으로, 발효가 끝난 9일차 으뜸도라지 막걸리의 총 페놀 함량을 측정된 결과는 <Figure 1>과 같다. 대조군(34.93 mg GAE/g)에 비하여 으뜸도라지를 첨가한 막걸리의 총 폴리페놀의 함량이 높게 측정되었다. 2% 첨가 막걸리(39.05 mg GAE/g)의 폴리페놀 함량이 가장 높았으며, 1.5% 첨가(37.29 mg GAE/g), 1% 첨가 막걸리(36.28 mg GAE/g), 0.5% 첨가 막걸리(35.92 mg GAE/g) 순으로 나타나 으뜸도라지 첨가량이 증가될수록 막걸리의 총 페놀의 함량이 높게 측정되었다. 통밤을 첨가한 탁주의 폴리페놀 측정결과(Son & Jung 2014) 통밤 첨가량이 증가할수록 폴리페놀 함량이 증가되었다고 하여 폴리페놀 함량이 높은 시료를 막걸리에 첨가할 경우 막걸리의 기능성을 높이는 데 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다. 한편 으뜸도라지를 첨가하지 않은 무첨가군의 경우에도 백미에 함유된 p-coumaric acid, ferulic acid 등의 페놀 성분(Vichapong et al. 2010)으로 인하여 폴리페놀이 함유됨을 확인할 수 있었다.

7. DPPH 자유라디칼 소거능

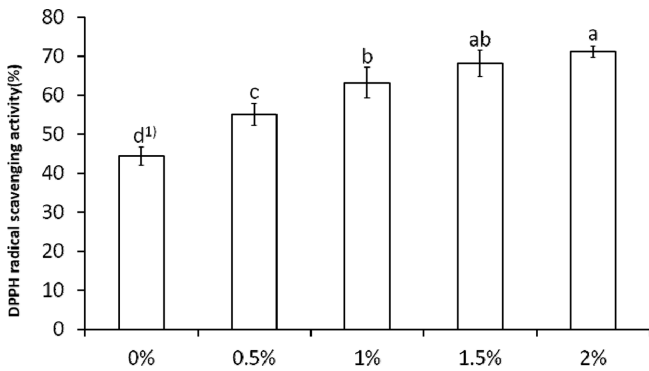
으뜸도라지의 첨가량을 달리한 막걸리의 DPPH 자유 라디



<Figure 1> Total phenol contents *Makgeolli* fermented with *Etteum* bell flower root (*Platyodon grandiflorum*) during fermentation

¹⁾Values with different letters are significantly different at p<0.05

칼 소거능은 <Figure 2>에 제시하였다. 본 실험에 사용된 3년산 으뜸도라지의 DPPH 자유 라디칼 소거능은 0.1 g/mL 수준에서 60.1%로 대조군(44.37%)에 비해 으뜸도라지를 첨가한 막걸리의 DPPH 자유 라디칼 소거능이 55.18-71.17%로 높게 측정되었으며, 으뜸도라지의 첨가비율이 증가할수록 DPPH 소거능이 증가하였다. 으뜸도라지의 함량이 가장 높은 2% 첨가 막걸리의 DPPH 소거능이 71.17%로 가장 높게 측정되었다. Park et al.(2010)은 탁주에 강낭콩 함량이 높은 시료에서 항산화 활성이 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다고 보고하여 본 연구결과와 유사하였다.



<Figure 2> DPPH radical scavenging activity in *Makgeolli* fermented with *Etteum* bell flower root (*Platyodon grandiflorum*)

¹⁾Values with different letters are significantly different at p<0.05

8. 관능 평가

으뜸도라지 첨가 농도에 따른 막걸리의 관능평가 결과는 <Table 6>에 나타내었다. 관능 평가 항목 중 전반적인 기호도의 경우 으뜸도라지 1.5% 첨가군이 4.85로 가장 높게 평가되었으며, 대조군의 경우 3.10으로 기호도가 가장 낮게 측정되었다. 향에 대한 기호도 평가에서도 1.5% 첨가군이 5.20으로 가장 높았으며, 그 다음으로 2% 첨가군, 1% 첨가군 순으로 높았고, 무첨가군과 0.5% 첨가군은 가장 낮은 기호도를 나타냈다. 맛과 질감에 대한 기호도 역시 1.5% 첨가군이 가장 높았고, 대조군인 무첨가군이 가장 낮은 결과를 나타냈다. 색에 대한 기호도의 경우는 으뜸도라지 농도에 따른 유의적 차이가 없었다.

품질특성의 강도 평가 중, 색 및 혼탁도, 알코올향, 신맛 강도 항목에서는 첨가 농도별 간에 유의적 차이가 없었으며, 풍미 강도에서는 1.5%와 2% 첨가군이 가장 높게 나타났으며, 대조군이 2.60으로 가장 낮게 나타났다.

도라지맛과 떫은맛에 대한 강도 평가결과 막걸리에 첨가하는 도라지의 양이 증가할수록 강도가 높게 평가되어, 도라지의 맛이 강할수록 전반적인 기호도는 증가하는 경향이었으나, 2% 이상 첨가 시에는 도라지맛과 떫은맛이 지나치게 높아 전반적인 기호도가 떨어지는 것으로 나타났다. 대조군에 비해 모든 항목에서 으뜸도라지 첨가군의 기호도가 높게 평가 되었으며, 이 중 1.5% 첨가군 막걸리가 전반적인 기호도, 향, 맛, 질감에 대한 기호도가 가장 높게 나타났다. 따라서 막걸리에 으뜸도라지를 첨가할 경우 1.5% 첨가가 막걸리의 기호성을 높이는 데 가장 적합할 것으로 사료된다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 기능성과 생산성이 우수한 신품종 으뜸도라지를 막걸리에 첨가하여 품질특성과 항산화능 및 관능적 특성을 평가하였다. 발효 완료 후 막걸리의 최종 pH는 4.37-4.58였으며, 발효 3일차에 완만하게 감소하다가 발효 5일차 이후 완만하게 증가하였으며, 으뜸도라지 첨가량이 증가함에 따라 막걸리의 pH는 낮아지는 경향을 나타내었다. 당도 측정결과 발효 3일차부터 당도가 감소하여 발효 완료 9일째까지 점차적으로 감소하는 추세를 보였으며, 으뜸도라지의 첨가량이 증가할수록 당도는 높게 측정되었다. 알코올 함량 측정결과 발효가 진행됨에 알코올 함량이 증가하여 발효완료 9일차에는 알코올 함량이 7.90-8.07%로 측정되었으며, 으뜸도라지 첨가량이 증가함에 따라 미미하게 알코올 함량이 증가하였으나 유의적인 차이는 없었다. 산도 측정결과 발효시작부터 5일차까지는 산도가 증가하였으나 발효 9일차에는 다시 감소하였으며, 으뜸도라지 첨가 농도가 증가할수록 산도는 낮게 측정되었다. 으뜸도라지 막걸리의 발효기간에 따른 색도를 측정 한 결과 명도 L값은 발효가 진행됨에 따라 감소

<Table 6> Sensory evaluation of *Makgeolli* fermented with *Etteum* bell flower root (*Platyodon grandiflorum*)

	Samples	Samples					F-value (p)
		0%	0.5%	1%	1.5%	2%	
Acceptability	Overall preference	3.10±0.85 ^{1)c2)}	4.00±1.17 ^b	4.05±1.15 ^b	4.85±1.42 ^a	4.05±1.28 ^b	5.438 (0.001)***
	Color	4.05±1.28	4.10±1.21	4.30±0.57	4.65±0.81	4.55±1.15	1.312 (0.271)
	Aroma	4.05±1.36 ^c	4.10±1.48 ^c	4.40±0.94 ^{bc}	5.20±0.70 ^a	5.00±0.86 ^{ab}	4.475 (0.002)**
	Taste	3.10±0.97 ^c	3.80±1.28 ^{bc}	4.20±0.89 ^{ab}	4.70±1.34 ^a	4.25±1.29 ^{ab}	5.263 (0.001)***
	Texture	3.45±0.94 ^c	3.85±1.27 ^{bc}	3.80±0.77 ^{bc}	4.60±0.75 ^a	4.20±1.06 ^{ab}	3.996 (0.005)**
Characteristic intensityrating	Color (Whiteness)	3.75±1.65	3.65±1.27	3.85±0.93	4.20±0.83	4.10±1.48	0.670 (0.614)
	Turbidity	4.10±1.33	4.00±1.12	4.10±0.85	4.50±0.83	4.56±1.25	1.063 (0.379)
	Savory aroma	2.60±1.14 ^c	2.85±1.57 ^{bc}	3.45±1.00 ^b	4.40±1.50 ^a	4.55±1.05 ^a	9.630 (0.000)***
	Alcoholic odor	3.80±1.58	3.65±1.60	4.50±1.15	4.55±1.32	4.55±1.39	1.986 (0.614)
	Sweetness	2.80±1.28	3.15±1.27	3.00±1.26	3.50±1.67	2.75±1.45	0.945 (0.442)
	Sourness	3.05±1.15	3.00±1.17	3.65±1.42	3.60±1.14	3.60±1.79	1.147 (0.339)
	Doraji taste	1.75±1.21 ^d	2.90±1.33 ^c	4.60±0.94 ^b	5.30±0.92 ^a	5.55±1.10 ^a	43.348 (0.000)***
	Astringent taste	2.30±1.08 ^c	2.85±1.31 ^{bc}	3.40±1.05 ^{ab}	3.55±1.64 ^{ab}	3.95±1.43 ^a	4.747 (0.002)**

¹⁾Mean±SD (n=25). *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

²⁾Different superscripts (a-d) in a row indicate significant differences at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

하였으며, 적색도를 나타내는 a값과, 황색도를 나타내는 b값은 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 으뜸도라지의 첨가량이 증가할수록 L값은 낮아지고, b값은 높아졌다. 발효가 끝난 9일차 으뜸도라지 막걸리의 총 페놀 함량을 측정된 결과 으뜸도라지 첨가량이 증가될수록 막걸리의 총 페놀의 함량이 높게 측정되었으며, DPPH 자유 라디칼 소거능 또한 으뜸도라지의 첨가비율이 증가할수록 항산화능이 증가하였다. 으뜸도라지 첨가 농도에 따른 막걸리의 관능평가 결과 으뜸도라지 1.5% 첨가군이 향, 맛, 질감 및 전반적인 기호도에서 가장 높은 평가를 받았다. 이상의 결과에서 막걸리에 도라지를 첨가하는 것은 당도와 색감 등 막걸리의 전반적인 품질을 향상시키고, 총폴리페놀 함량 및 항산화능을 증가시켜, 기능성을 높임은 물론 도라지 특유의 향취로 인해 관능적 기호도를 높여 막걸리의 기호도를 높임을 확인할 수 있었다.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

- Bae MJ, Kim SJ, Cho MS, Um YB, Bae MI. 2014. Fermentation characteristic of *Yeongdeok Bobsikhae* to which a natural substance (bellflower) was added. *Korean J Food Preserv.*, 21(3):350-356
- Baek SY, Kim E, Li FY, Choi HJ, Kim MR. 2017. Physicochemical properties and antioxidant activities of tetraploid 'Etteum' variety *platycodon grandiflorum Jungkwa* substituted for sucrose with different sugar alcohols. *J Korean Soc Food Sci Nutr.*, 46(12):1477-1485
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181(4617):1199-1200
- Cha BR. 2015. Quality characteristics of *Takju* added with different amounts of dried *Portulaca oleracea* L. Master's degree thesis, Myongji University, Korea, pp 10-11
- Cheon JE, Baik MY, Choi SW, Kim CN, Kim BY. 2013. Optimization of *Makgeolli* manufacture using several sweet potatoes. *Korean J. Food & Nutr.*, 26(1):29-34
- Cho IK, Huh CK, Kim YD. 2010. Quality Characteristics of *Yakju* (a Traditional Korean Beverage) after addition of different tissues of *Opuntia ficus indica* from *Shinan*, Korea. *Korean J Food Preserv.*, 17(1):36-41
- Choi KH, Sohn EH, Kim SJ, Lee JH, Jang KH. 2013. Physicochemical characteristics and ginsenosides compositions of *Makgeolli* added with mountain ginsengs. *J East Asian Soc Diet Life.*, 23(4):437-443
- Choi KW, Lee JK, Jo HJ, Lee KJ, Yoon JA, An JH, Chung KH. 2013. Fermentation characteristics of *Makgelli* made with loquat fruits (*Eriobotrya japonica* Lindley). *Korean J. Food & Nutr.*, 42(6):975-982
- Han EH, Lee TS, Noh BS, Lee DS. 1997. Quality characteristics in mash of *Takju* prepared by using different *Nuruk* during fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 29(3):555-562
- Hwang SY, Choi HM, Lim SY. 2013. Total phenolics of dried *Platycodon grandiflorum* and its effect on growth of human cancer cell lines. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 45(1): 84-89
- Jeon KS, Park SI. 2014. A survey of preference for commercial *Makgeolli* among Chinese students in Korea. *Korean J. Culinary Res.*, 20(4):115-126
- Jeon MH, Lee WJ. 2011. Characteristics of blueberry added *Makgeolli*. *J Korean Soc Food Sci Nutr.*, 40(3):444-449
- Jeong CH, Shim KH. 2006. Chemical composition and antioxidative activities of *Platycodon grandiflorum* leaves and stems. *Korean J. Food & Nutr.*, 35(5):511-515
- Jeong EJ, Kim KP, Bang BH. 2013. Quality characteristics of cookies containing *Platycodon grandiflorum* powder. *Korean J. Food & Nutr.*, 26(4):759-765
- Jeong SI, Yu HH. 2013. Quality characteristics of *Sikhe* prepared with the roots powder of *Doraji* (*Platycodon grandiflorum* A. DE. Candolle). *Korean Soc Food Sci Nutr.*, 42(5):759-765
- Jeong JW, Park KJ, Kim MH, Kim DS. 2006. Quality characteristics of *Takju* fermentation by addition of chestnut peel powder. *Korean J Food Preserv.*, 13(3):329-336
- Jin TY, Lee WG, Lee IS, Wang MH. 2008. 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(2):201-206
- Jo JY, Som GH, Kim SJ, Ma SJ, Moon JH, Park KH. 2014. Manufacture of green tea-*makgeolli* and its free radical-scavenging activity. *J. Kor. Tea Soc.*, 20(2):71-76
- Jung BM, Shin TS, Kim HR. 2013. Quality characteristics during storage of rice *Makgeolli* added with *Cheonnyuncho* fermentative extract. *Korean J Food Cook Sci.*, 29(6):679-690
- Kang DK, Kim EJ, Park YJ, Kim TJ, Kim MR. 2017. Comparison of antioxidant activities and quality characteristics between domestic diploid variety and tetraploid 'Etteum' variety in *Platycodon grandiflorum*. *J Korean Soc Food Sci Nutr.*, 46(2):196-201
- Kim AR, Lee SY, Kim KBWR, Song EJ, Kim JH, Kim MJ, Ji KW, Ahn IS, Ahn DH. 2008. Effect of glycyrrhiza uralensis on shelf-life and quality of *Takju*. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 40(2):194-200
- Kim BH, Eun JB. 2012. Physicochemical and sensory

- characteristics of *Makgeolli* with pomegranate (*Punica granatum* L.) juice concentrate added. Korean J. Food Sci. Technol., 44(4): 417-421
- Kim EK, Chang YH, Ko JY, Jeong YH. 2013. Physicochemical and microbial properties of Korean traditional rice wine, *Makgeolli*, supplemented with mulberry during fermentation. Korean J. Food & Nutr., 42(10):1682-1689
- Kim IH, Kim SH, Kwon JH. 2008. Fermentation characteristics of *Yakju* added with acanthopanacis cortex extract. J Korean Soc Food Sci Nutr., 37(4):521-527
- Kim JM. 2012. Increment of ginsenoside Rg3 in *Makgeolli* manufactured by addition of cultivated wild ginseng. Master's degree thesis, Korea University, Korea, pp 41-42
- Kim SD, Ham HJ, Jung JH, Lee ES, Lee HK, Kim HS, Lee JH, Yu IS, Jung K. 2016. Estimated daily intake of aluminum from *Platycodon grandiflorum* A. de candolle. J. Korean Soc Food Sci Nutr., 45(8):1138-1146
- Kim HR, Jo SJ, Lee SJ, Ahn BH. 2008. Physicochemical and sensory characterization of a Korean traditional rice wine prepared from different ingredients. Korean J. Food Sci. Technol., 40(5):551-557
- Kim YH, Joo JL, Lee BC, Kim HH, Lee JS. 2013. Screen of a novel yeast for brewing of *Gugija* leaf *Makgeolli* and optimal alcohol fermentation condition. Kor. J. Mycol., 41(3):167-171
- Kong MH, Jeong ST, Yeo SH, Choi JH, Choi HS, Han GJ, Jang MS, Chung IM. 2011. Determination of ginseng *Yakju* quality using different percentages and application dates of ginseng. J East Asian Soc Diet Life., 21(2):207-214
- Lee GD, Joo GJ, Kwon JH. 2000. Optimization for roast flavour formation of *Platycodon grandiflorum* tea. J Korean Soc Food Sci Nutr., 29(5):752-757
- Lee HA, Lee JM, Chang YH. 2013. Quality characteristics of *Makgeolli* supplemented with cranberries. J East Asian Soc Diet Life., 23(1):85-91
- Lee JK, Jo HJ, Kim KI, Yoon JA, Chung KH, Song BC, An JH, 2013. Physicochemical characteristics and biological activities of *Makgeolli* supplemented with the fruit of *Akebia quinata* during fermentation. Korean J. Food Sci. Technol., 45(5) :619-627
- Lee JM, Lee HN, Chang YH. 2013. Quality characteristics of *Makgeolli* using *Angelica gigas Nakai* water extracts. J East Asian Soc Diet Life., 23(3):332-340
- Lee JB, Lee JS, Kim MH. 2012. Physicochemical and sensory characteristics of *Yakju* fermented with different ratios of dandelion (*Taraxacum platycarpum*) root powder. J Korean Soc Food Sci Nutr., 41(6):834-839
- Lee SA, Kim GW, Hwang ES, Shim JY. 2014. Stability of anthocyanin pigment in aronia *Makgeolli*. Food Engi. Prog., 18(4):374-381
- Lee SH, Song EM, Jang GY, Li Meishan, Kim MY, Park HJ, Kang TS, Jeong HS. 2013. Physicochemical characteristics and antioxidant activities of *Doragi* (*Platycodon grandiflorum*) at different aging temperatures and for various durations. J. Korean Soc Food Sci Nutr., 42(9):1405-1411
- Lee SJ, Shin SR, Yoon KY. 2013. Physicochemical properties of black *Doraji* (*Platycodon grandiflorum*). Korean J. Food Sci. Technol., 45(4):422-427
- Min JY, Kim NY, Kim US, Han MJ. 2015. The quality characteristics of pasteurized ginseng *Makgeolli* added with different concentration of ginseng powder. J. Korean Soc. Food Cult., 30(6):757-765
- Min YK, Cho JG. 1994. Fermentation characteristics of Some medicinal herb rice wine. J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem., 37(3):175-181
- National Tax Service. 2010. Analysis of alcoholic beverages. National tax service, Seoul, Korea. p40
- Oh YJ. 2016. Antioxidant activity and quality characteristics of *Maejalgwa* added *Etteum Doraji* (*platycodon grandiflorum*) powder. Master's degree thesis, Sookmyung Women's University, Korea, pp 1-3
- Park SS, Yoon JA, Kim JJ. 2010. Quality Properties of *Takju* (rice wine) added with kidney bean. J East Asian Soc Diet Life., 20(4):575-581
- Son JY, Jung IJ. 2014. Quality characteristics and physiological activities of *Takju* with whole chestnut. Korean J Food Cook Sci., 30(6):746-756
- Song JH, Jang JH, Kim HK, Lee JS. 2009. Manufacture and quality characteristics of Korean traditional big blue lily-truf *Takju*. J. Chosun Natural Sci., 20(1):22-29
- Swain T, Hillis WE. 1959. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I. The quantitative analysis of phenolic constituents. J Sci Food Agric., 10(1):63-68
- Vichapong J, Sooksem M, Srihesdaruk V, Swatsitang P, Sriaranai S. 2010. High performance liquid chromatographic analysis of phenolic compounds and their antioxidant activities in rice varieties. LWT-Food Sci Technol 43(9):1325-1330
- Yoo HN, Chung CH. 2011. Fermentation characteristics of *Takju* prepared with lotus leaf. Korean J Food Cook Sci., 27(5):577-587
- Yun SB, Lee Y, Lee NK, Jeong EJ, Jeong YS. 2014. Optimization of microwave extraction conditions for antioxidant phenolic compounds from *Ligustrum lucidum Aiton* using response surface methodology. J Korean Soc Food Sci Nutr., 43(4):570-576