



Research Article

# Quality characteristics of fermented rice *makgeolli* with the addition of *Crepidiastrum sonchifolium* by processing method

## 가공 방법별 고들빼기 첨가 발효한 쌀막걸리의 품질 특성

Bong-Yun Oh\*, Seul-Gi Lee

오봉윤\* · 이슬기

Fermented Food Industry Support Center, Suncheon 57908, Korea

(재)남해안권발효식품산업지원센터

**Abstract** The quality characteristics of fermented rice *makgeolli* added with *Crepidiastrum sonchifolium* (CS) prepared with various processing methods were investigated. Rice *makgeolli* was manufactured by adding CS, prepared with various processing methods, at 2.5% of starch raw material rice. The treatments include CS [fresh (CS), hot water extract (CSE), hot air dried powder (CSP), and sugar leaching (CSS)]. The pH value ranged from 4.10 to 4.20 initially to 3.77 to 3.85 after adding water. The total acidity was 0.54-0.58%. The chromaticity of *makgeolli* showed the highest brightness in CSS, and the redness a value and yellowness b value were low. The alcohol content was 13.5-16.3%, the highest in CSS. The total polyphenol content was 331.34-377.02 µg/mL. The DPPH radical scavenging amount was 44.14-56.43%, showing the highest antioxidant activity of CSP, followed by CSS, which showed a similar trend to the total phenol compounds content. The organic acid content was 4,304.90-6,159.90 µg/mL. It was produced at the highest level during fermentation in *makgeolli* when adding CSS, and the soluble solids and organic acid contents were the highest in CSS, so it was thought that the overall preference would be high due to the harmony of the sugar-acid ratio. These results show that *makgeolli* with CSS addition has high antioxidant properties. It suggests that CSS applied in *makgeolli* can be developed commercially due to its properties.

**Keywords** *Crepidiastrum sonchifolium* (CS), quality, *makgeolli*, fermentation



OPEN ACCESS

**Citation:** Oh BY, Lee SG. Quality characteristics of fermented rice *makgeolli* with the addition of *Crepidiastrum sonchifolium* by processing method. Food Sci. Preserv., 31(5), 827-836 (2024)

**Received:** July 19, 2024

**Revised:** October 02, 2024

**Accepted:** October 08, 2024

**\*Corresponding author**

Bong-Yun Oh

Tel: +82-61-750-8211

E-mail: skyandsan@ffic.kr

Copyright © 2024 The Korean Society of Food Preservation. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

막걸리는 찹쌀, 멥쌀, 고구마, 밀가루 등을 찐 전분질 원료를, 발효제인 누룩과 물을 혼합하여 발효시킨 술로서 우리의 전통주이다. 전통주는 주재료의 종류와 처리방법, 담금 횟수 등 다양한 방식의 병행복발효법으로 양조되며(Lee, 2020), 밑술의 빚는 방법 등에 따라 다양한 맛과 향이 형성된다(Chung, 1989; Rhee 등, 2003).

막걸리는 식이섬유, 각종 아미노산, 비타민 B 복합체, 다양한 유기산 등이 풍부하며, 생리활성 물질 등을 함유한다(So 등, 1999). 항산화 물질인 4-hydroxybenzyl-dehyde, 2-(4-hydroxyphenyl) ethanol (tyrosol), trans-ferulic acid, cis-ferulic acid 및 1H-indole-3-ethanol(tryptophol) 등이 분리되어 보고하고 있으며(Wang 등, 2012), 혈중지질 감소 효과, 암세포 성장 억제와 항산화 활성 등에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다(Lee 등, 2011). 영양학적 측면과 생리활성에서 가치가 높은 우리나라 대표 전통 발효식품으로서의 막걸리는 웰빙 트렌드의 확산과 한식의 세계화 추세와 함께 위상이 높아지고 있다. K-food 중 막걸리는 고급화 및 기능성 첨가 등(Kang 등, 2012) 지역의 특산물을 활

용해 국가적 행사나 지역 축제의 건배주로 다양하게 개발되어 상품화가 진행되고 있다.

예로, 딸기 막걸리(Bae 등, 2016), 참외 막걸리(Kim 등, 2015), 크랜베리 막걸리(Lee 등, 2013), 석류 막걸리(Kim과 Eun, 2012), 키위 막걸리(Kim 등, 2013), 유자즙 막걸리 (Yang과 Eun, 2011), 여주 막걸리(Cho 등, 2016), 파프리카 막걸리(Kim 등, 2013)와 그 밖에도, 땅콩 막걸리, 황칠 막걸리, 흑마늘 막걸리, 밤 막걸리, 청포도 막걸리, 멜론 막걸리, 토란 막걸리 등이 각 지역의 대표 막걸리로 개발되어 판매되고 있는데, 여기에 소비자의 기호성과 영양 및 생리활성의 효과, 품질 특성 변화에 대한 심도 있는 연구가 동반될 필요성이 대두되고 있다.

본 연구는 2023년 순천만 국제정원박람회 개최 개막식 건배주로 전남 동부권지역의 특산물을 활용해 전통주를 개발해 상품화하는 과정에서, 순천 지역에서 전국 재배면적 1위면서 기능성의 가치가 높은 식물 소재인 고들빼기를 선정하여 건배주 연구 개발 중에 얻은 과학적 분석 기초 자료를 보고하고자 하였다.

고들빼기[*Crepidiastrum sonchifolium*(Maxim.) Pak & Kawano](KNA, 2015)는 초롱꽃목 국화과에 속하는 1-2년생 초본식물로, 매우 짧고 쓴맛을 가지고 있어 쓴나물이라고도 하며, 어린 잎이나 뿌리를 데친 후 양념에 무치거나 물에 우려서 김치를 담가 먹기도 한다. 고들빼기는 해열, 건위, 조혈, 소화불량, 폐렴, 간염, 타박상, 종기 등의 치료제로 쓰인다(Kim 등, 2010).

최근에는 혈청 지질 농도를 낮추거나(Kim 등, 1998), 고지혈증과 관련하여 지질대사를 개선시킴으로서 지방간 때문에 나타나는 간세포 손상을 지연시키는 효과가 보고되었으며(Lee, 2005; Lim 등, 1997), 고들빼기 식이가 사염화탄소로 유도한 간독성을 유발한 흰쥐의 급성 간 손상을 감소시켰으며, 간 조직에서는 염증 및 괴사가 감소한 경향을 나타냈다고 보고하였다(Bae 등, 1997).

Young 등(1992)은 고들빼기의 플라보노이드 중에서 cynaroside가 총콜레스테롤 농도 감소 효과를 나타냈다고 보고하였으며, Kim 등(1998)은 고들빼기가 흰쥐의 성장률, 단백질 및 지질농도에 미치는 영향에 대한 연구, Lee 등(1992)은 고들빼기 화학 성분, Kim과 Lee(2008)에 따르면 저장 온도를 달리한 고들빼기 김치의 품질 특성 변화, Shin(1993)은 고들빼기의 메탄올 추출물을 이용해 세포독성 및 항종양을 검정하는 등 생리활성 측면에서는 우수한 소재로 판단이 되나 맛이 차고, 쓰기 때문에 막걸리와 같은 소재로 사용된 바는 전무한 실정이다.

이에 본 연구는 고들빼기의 강한 쓴맛과 짠맛을 줄이고 고들빼기 특유의 짹짹한 맛과 향이 조화롭게 어우러져 특유의 향과 맛을 살린 기호성이 우수한 고들빼기 막걸리를 개발하여 상품화하는 단계에서, 쌀 막걸리를 담근 후 4일째, 전분 원료 쌀의 2.5%에 해당되는 고들빼기 생체 원재료(CS), 열수 추출물(CSE), 열풍 건조분말(CSP), 당침출(CSS)의 가공 방법별로

첨가해 2일 더 발효시켜 총 6일간 발효한 쌀막걸리를 걸러서 고들빼기 막걸리를 제조하였으며, 그 특성을 분석한 결과를 보고하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 시험 재료

본 실험에 사용된 쌀은 순천만 습지에서 생산된 유기농 흑두루미쌀과 순천 농협 하나로마트에서 구입한 순천 농협 나누우리쌀을 혼합하여 사용하였으며, 막걸리 제조 용수는 일반 먹는 물을 사용하였다. 고들빼기 시료는 순천시 별량면 개령이마을에서 재배한 토종 고들빼기[*Crepidiastrum sonchifolium*(Maxim.) Pak & Kawano]를 고들빼기영농조합법인에서 구입하여 줄기와 잎, 뿌리를 분리하고 자연풍에 하루 건조하여 물기를 완전히 제거하였다. 고들빼기를 5-6 cm 길이로 절단한 후 생체 그대로 믹서기(Hanil Co., Deajeon, Korea)에서 분쇄하였으며, 열수 추출물(121°C, 2시간)은 고들빼기영농조합법인에서 구입하였고, 열풍건조(60°C, 24시간) 후 믹서기(Hanil Co.)에서 분말화한 것, 설탕과 1:1 비율로 혼합하여 실온에서 60일 이상 항아리에서 발효 숙성시켜 고들빼기 당침액을 제조하여 사용하였다. Table 1과 같이 발효제로는 시중에서 판매되고 있는 고두밥에 백균균(*Aspergillus kawachii*)을 배양시켜 제조한 입국 제품(Ricenuruk, Suwon, Korea)을 구입하여 사용하였고, 효모는 건조효모로 LALBIN Wine Yeast(EC1118, LALLEMAND Inc., Montreal, Canada)를 사용하였다.

### 2.2. 막걸리 제조

순천만 간척지에서 재배된 유기농 흑두루미쌀과 순천 농협 쌀을 1:1로 혼합하여 여러 차례 물로 수세한 후 3시간 이상 수침 후 물기를 빼고, 고압증기 솥에 넣어 121°C, 20분간 찌서 고두밥을 지은 후 25°C 이하로 식혔다. 20 L들이 PET병에 Table 1와 같이 재료를 혼합하여 섞은 후 25±2°C 실온에서 6일간 Fig. 1과 같이 발효하였으며, 초기 1-2일간은 재료들이 고루게 발효될 수 있도록 혼합하였다. 발효 3일 이후에는 혐기적 발효가 이루어지도록 덮개로 밀봉하고, 에어락을 장착하였다. 발효 4일째에 고들빼기 가공 방법별로 소재를 첨가하여 혼합한 후 2일 동안 더 발효하였다.

### 2.3. 시료 채취

제조된 고들빼기 쌀막걸리의 이화학적 특성을 조사하기 위한 시료 채취는 다음과 같이 실시하였다. 제조된 막걸리를 40 mesh 거름망을 통과시키고 건더기는 제거하고 얻어진 여액으로 알코올 함량을 측정하였으며, 여액의 상층액을 취하여 막걸리 발효액을 알코올 농도 8±0.5%가 되게 가수하여 조정된 후

**Table 1.** Ingredient mixing ratio of rice *makgeolli* with additon of *Crepidiastrum sonchifolium* (Maxim.) Pak & Kawano by various processing methods

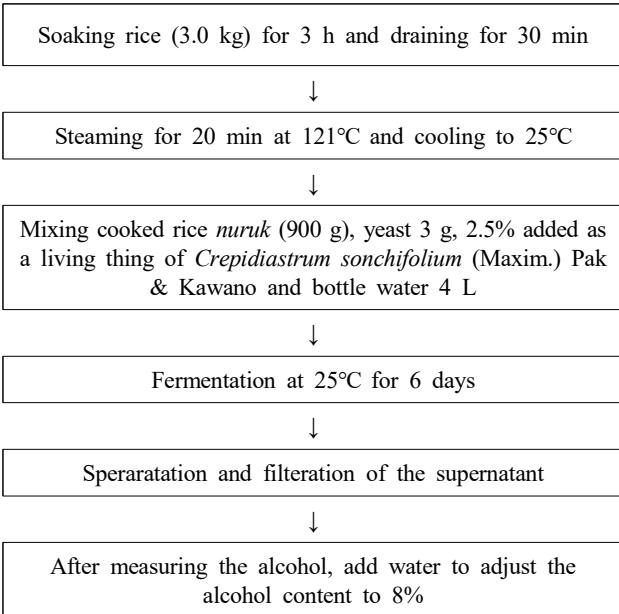
Sample	CS <sup>1)</sup>	CSE <sup>2)</sup>	CSP <sup>3)</sup>	CSS <sup>4)</sup>
Hard-steamed rice, <i>godubab</i> (g)	3,000	3,000	3,000	3,000
<i>Nuruk</i> (g)	1,000	1,000	1,000	1,000
CS by processing method	100	30	9	100
Yeast (g)	3	3	3	3
Water (mL)	4,000	4,000	4,000	4,000
Total	8,103	8,033	8,012	8,103

<sup>1)</sup>CS, *Crepidiastrum sonchifolium* (Maxim.) Pak & Kawano.

<sup>2)</sup>CSE, extract of *Crepidiastrum sonchifolium* (Maxim.) Pak & Kawano.

<sup>3)</sup>CSP, dry powder of *Crepidiastrum sonchifolium* (Maxim.) Pak & Kawano.

<sup>4)</sup>CSS, syrup of *Crepidiastrum sonchifolium* (Maxim.) Pak & Kawano.

**Fig. 1.** Procedure for the preparation of fermented rice *makgeolli* with addition of *Crepidiastrum sonchifolium* (Maxim.) Pak & Kawano by various processing methods.

pH, 당도, 적정산도, 유기산 등을 측정하였다.

#### 2.4. 알코올 및 가용성 고형분 함량 측정

막걸리 발효액의 발효 초기 알코올 함량은 거름 여액 시료 100 mL를 취하여 증류한 다음 주정계를 이용하여 측정하였으며, Gay Luccac Table을 이용하여 20°C로 보정하여 측정 결과를 얻었고(KNTSLAR 2023), 가용성 고형분(°Brix)은 여과한 시료를 원심분리기(Supra R17, Hanil, Kimpo, Korea)로 분리한 후 상층액 0.7 mL를 digital refractometer(PAL-31, ATAGO Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다.

#### 2.5. pH, 적정산도 및 메탄올 측정

pH는 pH meter(PB-30, Satorius, Co., Geottingen, Germany)를 사용하였으며, 적정산도는 산-염기 적정법(KNTSLAR 2023)으로 막걸리 원심분리한 맑은 상층액을 20 mL를 취하여 1% phenolphthalein 지시약을 2-3방울 떨어뜨린 다음 0.1 N-NaOH로 중화 적정하여 pH 8.2까지 적정한 mL수로 lactic acid(%)로 환산하여 다음과 같은 식에 의해 계산하였다.

$$\text{적정산도(}\%) = \frac{[0.1 \text{ N NaOH 적정 mL수} \times 0.009 \times \text{희석배수}] / \text{시료량 mL수} \times 100}$$

알코올 함량 8%로 조정된 후 4°C에서 30일간 저장 후 에탄올 함량과 메탄올 함량 측정은 GC/MSD(Model: Agilent 8697 headspace sampler, 8890 GC system, 5977B GC/MSD), column(HP-INNOWAX 60 m×0.25 mm I.D., d.f.=0.5)로 측정하였다. GC 분석 조건은 injection temp. 250°C, carrier gas He, constant column flow rate 1 mL/min, column temp. 40°C에서 5 min 동안, 1 min당 30°C/min씩 240°C까지 올려서 240°C에서 5 min간 총 분석 시간 15.5 min이었으며, injection volume은 1.0 μL MSD 조건은 ion source temp. 230°C, interface temp. 240°C, ionization method는 FID, measurement mode는 SIM로 분석하였다. 에탄올 100% 순도 표준물질(Accustandard, Inc., New Haven, Connecticut, USA)와 메탄올 표준물질(Accustandard, Inc.)을 GC/MS급으로 사용하였다.

#### 2.6. 총페놀 함량 측정

총페놀 함량은 Folin-Denis의 방법(Mereno, 2000)에 따라 측정하였다, 시료 200 μL에 Folin-Denis reagent 200 μL를 가하여 6분간 방치 후 7% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 200 μL를 가하였다, 1시간 30분 반응시킨 후 Microplate reader(MRX A2000, KLAB,

Co., Deajeon, Korea)를 이용해 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 gallic acid(Sigma, Co., St. Louis, Missouri, USA)를 사용하였으며, 표준물질의 검량선과 비교하여 함량을 구하였다.

## 2.7. 색도 측정

색도는 Color reader(CR-20, Konica Minolta, Co., Ltd., Tokyo, Japan)로 명도(L), 적색도(a), 황색도(b) 값을 측정하여 Hunter's color value로 나타내었으며, 이때 대조구로 백판(L=97.7, a=0.1, b=3.8)을 사용하였다.

## 2.8. 유기산 분석

유기산은 막걸리 발효액 상등액을 0.45 µm membrane filter로 여과한 후 (주)휴텍스 Sep-pak C<sub>18</sub> cartridge에 통과시키고, high performance liquid chromatograph(Agilent 1260, Agilent Co., Santa Clara, CA, USA)로 Table 2와 같이 분석하였다. 이때 분석용 column은 Supelcogel C-610H(300 mm×7.8 mm, 9 µm)와 Osaka C<sub>18</sub>(150 mm×2.1 mm, 2.7 µm)을 연결하여 분석하였으며, detector는 UV detector를 이용하여 210 nm에서 검출하였다. 이동상은 0.1% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 용액(pH 2.5)을 사용하였으며 flow rate는 0.5 mL/min이었다. 시료의 1회 주입량은 20 µL이었으며, 유기산 표준품은 glucuronic acid, tartaric acid, malic acid, lactic acid, citric acid, acetic acid, fumaric acid(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하였다.

## 2.9. 미생물 분리·동정

본 연구에 사용된 4종의 고들빼기 쌀막걸리를 분리원으로 미생물 순수분리를 위해 각 시료 1 mL를 9 mL의 0.85% NaCl에 현탁 후 단계별로 희석하였다. MRS(Difco Co, Detroit, MI,

USA), YM(Difco) 및 GYE(Difco) 배지에 시료 현탁액을 10<sup>5</sup> 및 10<sup>6</sup>배로 희석 후 spreading 하여 평판배지에 100 µL를 도말하여 37°C에서 48시간 배양하였고, 배지 상에 형성된 집락의 형태학적 특징에 따라 순수분리하였다. 이들 중 Lactobacilli MRS(Difco)에서 집락을 형성하였으며, 분리주는 10% skim milk(Difco)를 혼합 후 -80°C 초저온냉동고(ilShinbiobase Co., Yangju, Korea)에 보관하여 본 연구에 사용하였다. 최종 선별 균주의 분자학적 동정 및 계통수 작성을 위해 16S rRNA 유전자 염기서열을 분석하였다. 미생물 동정은 (주)마크로젠(Deajeon, Korea)에 분석 의뢰하였으며, 서열 증폭을 위해 universal primer인 27F(5'-AGAGTTTGATCMTGGCTCAG-3')와 1492R(5'-TACGGYTACCTTGTACGACTT-3') primer를 사용하였으며, National Center for Biotechnology Information(NCBI)에서 서열의 유사도가 높은 표준 균주들의 16S rRNA 유전자 서열을 얻었다.

## 2.10. DPPH 및 ABTS radical 소거능 측정

DPPH(2,2'-Diphenyl-1-picrylhydrazyl)는 짙은 자주색을 나타내며 그 자체가 질소 중심의 라디칼로서 라디칼 전자의 비편재화되어 안정화된 상태로 존재한다. 쌀막걸리 발효액을 원심분리한 상등액을 0.2 mM DPPH 용액 200 µL와 5배 희석한 막걸리 발효 상등액 50 µL를 가한 후 30분간 실온 암실에서 방치 후 Microplate reader(MRX A2000, KLAB, Co.)를 이용해 517 nm에서 흡광도를 측정하였다(Kim 등, 2012). 비교 대상 표준물질은 ascorbic acid(Sigma Chemical Co.)를 농도별로 제조하여 음성 대조구는 증류수를 사용하였고, 활성은 실험구와 비교 표준물질 및 음성 대조구의 흡광도를 구하여 아래와 같이 백분율(%)로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거 활성(%) =

$$[1 - (\text{실험구의 흡광도} / \text{음성 대조구의 흡광도})] \times 100$$

ABTS[2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)] 라디칼 소거 활성은 7 mM ABTS 용액과 280 mM K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O 용액을 동량으로 섞어 암실에서 2-3시간 방치시켜 라디칼을 생성시킨 후 이를 무수 에탄올과 약 1:88 비율로 섞어 734 nm에서 대조구의 흡광도 값이 0.80±0.02가 되도록 에탄올로 조절하여 사용하였다. 5배 희석한 막걸리 발효 상등액 20 µL와 ABTS 용액 180 µL를 혼합하여 실온에서 6분간 방치 후 Microplate reader(MRX A2000, KLAB, Co.)를 이용해 734 nm에서 흡광도를 측정하였다(Kim 등, 2012). 비교 대상 표준물질은 ascorbic acid(Sigma, Co.)를 농도별로 제조하여 음성 대조구는 증류수를 사용하였고, 활성은 실험구와 비교 표준물질 및 음성 대조구의 흡광도를 구하여 아래와 같이 백분율(%)로 나타내었다.

**Table 2. HPLC condition for organic acid analysis of fermented rice *makgeolli* with addition of *Crepediastrum sonchifolium* (Maxim.) Pak & Kawano by various processing methods**

Specification	Conditions
HPLC	Agilent 1260 Infinity II
Column	Supelcogel C-610H (300 mm×7.8 mm, 9 µm) Osaka C <sub>18</sub> (150 mm×2.1 mm, 2.7 µm)
Mobile phase	0.1 M Phosphoric acid (H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )
Analysis time	45 min
Flow rate	0.5 mL/min
Column temperature	30°C
Injection volume	20 µL
Detector	UV 210 nm



$$\text{ABTS 라디칼 소거 활성(\%)} = [1 - (\text{실험구의 흡광도} / \text{음성 대조구의 흡광도})] \times 100$$

### 2.11. 통계 분석

실험 결과는 3회 이상 반복하여 결과를 도출하였으며, 결과 값은 평균값±표준편차로 나타냈으며, 통계분석은 Microsoft (MS office 2021 Excel, Redmond, WA, USA)와 SPSS for Window(ver. 12.0, SPSS. Co., Inc., Armonk, NY, USA)를 사용하였다. 일원배치 분산분석(ANOVA)으로 평균과 표준편차를 분석하였다. 사후 검정으로는 Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ )를 실시하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 알코올 및 가용성 고형분 함량

발효 4일째에 고들빼기 소재를 가공 방법별로 첨가하여 혼합한 후 2일 동안 발효시킨 쌀막걸리의 알코올 함량 및 가용성 고형분은 Table 3에 나타났다. 막걸리 CS, CSE, CSP 및 CSS의 알코올 함량은 각각 14.50%, 14.50%, 13.50% 및 16.30%로 CSS가 가장 높게 알코올 발효가 진행된 것으로 나타났으며, 제품화 및 상품으로 출시하기 위해서는 가수하여 동일한 알코올 함량 8%으로 조정하였다. 비산균 막걸리는 저장 유통과정 중에 후발효에 의한 변화가 예측되므로(Park 등, 2011), 비교적 안정한 콜드체인시스템의 유통 조건인 4°C에서 30일간 냉장 보관 후 다시 알코올 함량을 측정된 결과는 각각 8.24%, 8.38%, 8.07% 및 8.48%로 CSS에서 0.48%의 가장 높은 알코올 함량 변화를 보였으며, 이는 당침액의 설탕인 이당류가 알코올 발효에 관여하여 다른 시험구에 비해 알코올 함량의 변화가 더 높은 것으로 판단되었으며, 다른 시험구의 막걸리에서는 0.5% 이하로 거의 변화가 없는 것으로 판단되었다.

가용성 고형분은 CS, CSE, CSP 및 CSS에서 각각 14.50 °Brix, 14.50 °Brix, 14.10 °Brix 및 15.70 °Brix로 CSS가 가장

높게 나타났으며, 4°C에서 30일간 저장한 후에는 각각 9.83 °Brix, 9.50 °Brix, 8.50 °Brix 및 11.03 °Brix로 초기 가용성 고형분에서 알코올 함량을 8.00%로 조정하면서 오는 차이로 CSS에서 가장 높은 가용성 고형분을 나타냈으며, 고들빼기 당 침액에 함유된 당과 유기산 함량이 높은 수준의 가용성 고형분을 나타내는 것으로 판단되었다.

### 3.2. pH, 적정산도 및 메탄올 함량

발효 4일째에 가공 방법별로 고들빼기 생체, 열수 추출물, 열풍건조 분말 및 당침액으로 각각 첨가 혼합하여 2일간 더 발효시킨 쌀막걸리의 알코올 함량 8%가 되게 가수한 후 pH, 적정산도, 메탄올 함량 및 폴리페놀 함량을 측정된 결과는 Table 4에 나타났다.

pH는 초기 4.10-4.20에서 알코올 함량 8.0%로 조정된 후 CS, CSE, CSP 및 CSS에서 각각 3.85%, 3.81%, 3.77% 및 3.84%로 더 낮아졌으며, 적정산도는 젖산으로 환산하여 계산했을 때 CS, CSE 및 CSP 세 가지 시험구에서는 0.54%로 거의 비슷한 수준이었고, CSS만 0.58%로 높았다.

순수 쌀막걸리보다 고들빼기 식물체를 첨가함으로써 이상 발효가 진행되는지 확인을 위해 메탄올 함량을 GC/MS를 이용하여 확인하였는데, 네 가지 시험구 모두 분석되지 않아서 식물체인 고들빼기를 첨가해도 주세법 탁주의 기준 및 규격에 적합하게 제조할 수 있음을 확인하였다.

총폴리페놀 함량도 Table 4의 CS, CSE, CSP 및 CSS에서 각각 331.35 µg/mL, 354.50 µg/mL, 377.02 µg/mL 및 367.76 µg/mL로 고들빼기 분말을 직접 첨가한 막걸리인 CSP 시험구에서 유의적으로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 고들빼기 당침액을 첨가한 CSS에서 높게 나타났으며, 고들빼기 생체 첨가 CS와 추출물 CSE가 가장 낮은 함량을 나타냈다.

### 3.3. 색도

가공 방법별 고들빼기 첨가 쌀막걸리의 색도에서 명도 L값,

**Table 3.** Alcohol content and soluble solids of fermented rice *makgeolli* with addition of *Crepidiastrum sonchifolium* (Maxim.) Pak & Kawano by various processing methods

Sample <sup>1)</sup>	Alcohol (%)	After storage at 4°C for 30 days alcohol (%)	Soluble solids (°Brix)	After storage at 4°C for 30 days soluble solids (%)
CS	14.50±0.01 <sup>2)bc3)</sup>	8.24±0.02 <sup>c</sup>	14.50±0.10 <sup>b</sup>	9.80±0.10 <sup>b</sup>
CSE	14.50±0.01 <sup>b</sup>	8.38±0.02 <sup>b</sup>	14.50±0.01 <sup>b</sup>	9.50±0.01 <sup>c</sup>
CSP	13.50±0.01 <sup>c</sup>	8.07±0.01 <sup>d</sup>	14.10±0.01 <sup>c</sup>	8.50±0.01 <sup>d</sup>
CSS	16.30±0.02 <sup>a</sup>	8.48±0.01 <sup>a</sup>	15.70±0.01 <sup>a</sup>	11.00±0.10 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>CS, *Crepidiastrum sonchifolium*; CSE, extract of CS; CSP, dry powder of CS; CSS, syrup of CS.

<sup>2)</sup>All values are mean±SD (n=3).

<sup>3)</sup>Means with different superscript letters (a-d) in the same column are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test (a>b>c>d).

**Table 4.** Quality characteristics of fermented rice *makgeolli* with addition of *Crepediastrum sonchifolium* (Maxim.) Pak & Kawano by various processing methods

Sample <sup>1)</sup>	pH	Total acidity (%)	MeOH (µg/mL)	Total polyphenol compound (µg/mL)
CS	3.85±0.01 <sup>2)a3)</sup>	0.54±0.01 <sup>b</sup>	ND <sup>4)</sup>	354.50±0.00 <sup>c</sup>
CSE	3.81±0.01 <sup>b</sup>	0.54±0.00 <sup>b</sup>	ND	331.35±0.30 <sup>d</sup>
CSP	3.77±0.01 <sup>c</sup>	0.54±0.01 <sup>b</sup>	ND	377.02±0.00 <sup>a</sup>
CSS	3.84±0.01 <sup>a</sup>	0.58±0.01 <sup>a</sup>	ND	367.76±0.00 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>CS, *Crepediastrum sonchifolium*; CSE Extract of CS; CSP, dry powder of CS; CSS, syrup of CS.

<sup>2)</sup>All values are mean±SD (n=3).

<sup>3)</sup>Means with different superscript letters (a-d) in the same column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test (a>b>c>d).

<sup>4)</sup>Not detected.

적색도 a값 및 황색도 b값은 Table 5에 나타났다. 고들빼기 가공 방법별 첨가한 막걸리의 명도 L값은 CS, CSE, CSP 및 CSS에서 54.10, 57.00, 48.50 및 58.90으로 고들빼기 당침액을 첨가했을 때 유의적으로 가장 높은 값으로 밝은색을 나타냈고, 고들빼기 분말을 첨가했을 때는 가장 낮은 값으로 어두웠다. 적색도 a값 또는 녹색도 -a값은 고들빼기 식물체와 분말은 녹색을 띄는데, CS는 0.50값을 CSE는 -0.30, CSP는 0.20, CSS의 a값은 -0.60으로 녹색도를 띄었다. 황색도 b값은 CS, CSE, CSP 및 CSS는 10.90, 7.20, 10.00 및 6.50을 각각 나타냈으며, CS와 CSP는 높은 황색도를 나타냈다. CSE와 CSP는 보다 더 높은 적색도를 나타냈으며, 밝기는 더 어두운색을 나타내 막걸리 빛깔의 기호도 측면에서 부정적인 영향을 미칠 것으로 사료되었다.

### 3.4. 유기산 함량

가공 방법별 고들빼기를 첨가해 발효 중에 생성된 쌀막걸리의 유기산 함량을 HPLC로 정량 분석한 결과는 Table 6과 같다. Glucuronic acid, tartaric acid, malic acid, lactic acid, citric acid, acetic acid, succinic acid, 및 fumaric acid를 표준 물질로 분석한 후, 가공 방법별 고들빼기를 첨가해 발효한 쌀막

걸리의 유기산을 분석한 결과, glucuronic acid는 CS와 CSS에서 10.30 µg/mL와 7.00 µg/mL였으며, CSE와 CSP에는 분석되지 않았다. Lee 등(2009)에 따르면 tartaric acid는 청량한 맛을 부여한다고 하였는데 CS에서 24.90 µg/mL였으며, CSS는 164.6 µg/mL로 가장 높게 분석되었다.

막걸리 제조 중 발효제로 입국을 이용하면, citric acid가 내산성 당화효소를 생산하기 때문에 술덧의 pH를 산성으로 유지되며, 누룩으로 양조할 때보다 발효를 안전하게 하고 양조 시간을 단축시키며, 알코올 수율도 높여주게 된다. 그리고 막걸리의 독특한 향이 없고 아미노산의 함량이 낮으며, 입국에서 오는 유기산의 신맛이 강하여 누룩으로 제조했을 때와 같은 다양하고 조화로운 향미가 없는 것으로 알려져 있다(So 등, 1999; Park 등, 2011).

본 연구에서는 입국 형태의 발효제를 이용하여 단순한 맛에 단맛과 쓴맛의 고들빼기 특유의 맛과 향으로 조화를 이루는 깔끔한 특징의 쌀막걸리 건배주를 개발하고자 하였다.

발효 중 생성되는 유기산으로 citric acid가 가장 많이 생성되었다. 이 citric acid는 막걸리가 부패하지 않고 안정된 발효가 이루어지도록 도와주는 것으로 보고하고 있다(Lee 등, 2009). 그 다음으로 많이 생성되는 유기산은 lactic acid, acetic acid,

**Table 5.** Color of fermented rice *makgeolli* with addition of *Crepediastrum sonchifolium* (Maxim.) Pak & Kawano by various processing methods

Sample <sup>1)</sup>	L (lightness)	a (redness)	b (yellowness)
CS	54.10±0.00 <sup>2)c3)</sup>	0.50±0.01 <sup>a</sup>	10.90±0.05 <sup>a</sup>
CSE	57.00±0.06 <sup>b</sup>	-0.30±0.01 <sup>c</sup>	7.20±0.10 <sup>c</sup>
CSP	48.50±0.60 <sup>d</sup>	0.20±0.00 <sup>b</sup>	10.00±0.10 <sup>b</sup>
CSS	58.90±0.40 <sup>a</sup>	-0.60±0.01 <sup>d</sup>	6.50±0.01 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup>CS, *Crepediastrum sonchifolium*; CSE Extract of CS; CSP, dry powder of CS; CSS, syrup of CS.

<sup>2)</sup>All values are mean±SD (n=3).

<sup>3)</sup>Means with different superscript letters (a-d) in the same column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test (a>b>c>d).

**Table 6.** Organic acid contents of fermented rice *makgeolli* with addition of *Crepediastrum sonchifolium* (Maxim.) Pak & Kawano by various processing methods

Organic acid (µg/mL)	Samples <sup>1)</sup>			
	CS	CSE	CSP	CSS
Glucuronic acid	10.30±0.10 <sup>2)a3)</sup>	ND <sup>4)</sup>	ND	7.00±0.10 <sup>b</sup>
Tartaric acid	24.90±0.13 <sup>c</sup>	6.20±0.10 <sup>d</sup>	27.30±0.17 <sup>b</sup>	164.60±0.05 <sup>a</sup>
Malic acid	266.00±1.50 <sup>b</sup>	261.30±0.30 <sup>c</sup>	257.30±0.45 <sup>d</sup>	272.00±0.50 <sup>a</sup>
Lactic acid	891.70±0.03 <sup>c</sup>	898.70±0.45 <sup>b</sup>	869.90±0.10 <sup>d</sup>	1,403.00±0.45 <sup>a</sup>
Citric acid	1,913.10±0.03 <sup>b</sup>	1,890.80±1.16 <sup>c</sup>	1,781.50±1.50 <sup>d</sup>	2,052.90±1.00 <sup>a</sup>
Acetic acid	519.70±0.38 <sup>b</sup>	478.40±0.72 <sup>c</sup>	454.70±0.50 <sup>d</sup>	1,263.30±0.40 <sup>a</sup>
Succinic acid	653.80±0.47 <sup>b</sup>	623.90±0.16 <sup>c</sup>	594.70±0.60 <sup>d</sup>	654.70±0.45 <sup>a</sup>
Fumaric acid	337.80±0.47 <sup>b</sup>	332.10±0.06 <sup>c</sup>	319.50±0.50 <sup>d</sup>	342.40±0.05 <sup>a</sup>
Total	4,617.30	4,491.40	4,072.90	6,159.90

<sup>1)</sup>CS, *Crepediastrum sonchifolium*; CSE, extract of CS; CSP, dry powder of CS; CSS, syrup of CS.

<sup>2)</sup>All values are mean±SD (n=3).

<sup>3)</sup>Means with different superscript letters (<sup>a-d</sup>) in the same row are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test (a>b>c>d).

<sup>4)</sup>Not detected.

succinic acid, fumaric acid, malic acid, tartaric acid 및 glucuronic acid 순으로 생성되는 것을 알 수 있었다.

피로물질 제거에 큰 역할을 하는 것으로 알려진 유기산으로는 lactic acid, citric acid, succinic acid, tartaric acid 등이 보고되어 있으며(Song 등, 1997), 막걸리의 유기산 중 lactic acid와 citric acid는 주류 발효에 적합한 pH를 제공할 뿐만 아니라 주류에 청량감과 부드러운 신맛을 부여하는 역할을 하는 것으로 알려져 있다고 보고하고 있다(Lee 등, 2009). 또한, 이의 유기산 함량 분석 결과는 Lee 등(2011)의 시중 유통 막걸리의 유기산 조성 및 생리활성 연구에서 보고한 결과와 유사한 결과였다.

고들빼기 가공 방법별로 첨가했을 때, CS, CSE 및 CSP에서는 8종의 유기산 함량은 4,304.90-4,617.30 µg/mL로 큰 차이를 나타내지 않았으나, 고들빼기 당침액을 첨가한 CSS에서 6,159.90 µg/mL로, 월등히 높은 유기산 함량이 생성되는 것으로 나타났다. 이러한 결과로 가용성 고형분 함량이 높게 분석되었고, 이러한 분석 결과는 당산 비에 영향을 주어서 기호도가 우수할 것으로 예측되었다. 또한 Lee 등(2009)에 의하면 유기산은 맛을 내는 주성분이자 탁주 고유의 신선함을 부여하는 성

분이지만 과잉의 유기산이 존재하면 막걸리의 맛은 떨어지게 되며, 보통 상품으로서의 막걸리는 pH 4.20 내외이며, 유기산은 0.8% 정도 함유하고 있다고 보고하였다. 본 연구에서는 고들빼기 가공 방법별 첨가한 쌀막걸리에 유기산은 0.43-0.62%로 신선함을 부여하는 유기산 함량을 지니는 것으로 사료되었다.

### 3.5. 분리 균주의 동정

발효 4일째에 가공 방법별로 고들빼기 생체, 열수 추출물, 열풍건조 분말 및 당침액으로 각 첨가 혼합하여 2일간 더 발효시킨 쌀막걸리를 알코올 함량 8%가 되게 가수 한 후 4°C에서 30일 저장 후 막걸리 현탁액에 있는 미생물을 분리 동정한 결과, MRS 배지에 고들빼기 당침액을 첨가한 CSS에서만 균이 분리되었으며, 그 결과는 Table 7과 같다. 최종 선별 균주의 분자학적 동정 및 계통수 작성을 위해 16S rRNA 유전자 염기서열을 분석하였으며, 서열 증폭을 위해 universal primer인 27F(5'-AGAGTTTGATCMTGGCTCAG-3')와 1492R(5'-TACGGYTACCTTGTTACGACTT-3') primer를 사용하였으며, National Center for Biotechnology Information(NCBI)에서 서열의 유

**Table 7.** Lactic acid bacteria isolated from fermented rice *makgeolli* with addition of *Crepediastrum sonchifolium* (Maxim.) Pak & Kawano by various processing methods

Source	Strain No.	16s rRNA ID	Match Percent. (%)
CSS <sup>1)</sup>	FFIC0133	<i>Lacticaseibacillus paracasei</i>	99
	FFIC0134	<i>Lentilactobacillus hilgardii</i>	99

<sup>1)</sup>CSS, syrup of *Crepediastrum sonchifolium*.

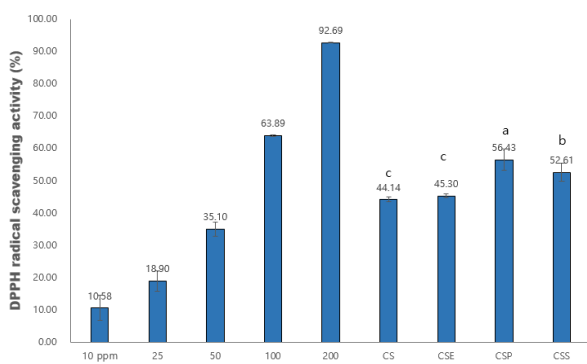
사도가 높은 표준 균주들의 16S rRNA 유전자 서열을 얻은 결과, *Lacticaseibacillus paracasei*와 *Lentilactobacillus hilgardii*가 분리 동정되었다. *L. paracasei*는 식품원료 미생물로 확인되었으며, *L. hilgardii*는 주류(알코올발효 포함) 제조에 한하여 사용 가능한 것으로 확인되었다(FSK, 2024).

### 3.6. DPPH radical 소거능

DPPH radical은 비교적 안정한 free radical로 항산화 물질에 의해 환원되어 탈색되므로 항산화능을 측정할 때 많이 이용되며, 비교적 빠르고 간단하여 널리 사용되고 있는 방법이다(Kim 등, 2012). 고들빼기를 가공 방법별로 첨가해 발효한 쌀막걸리의 DPPH radical 소거능을 측정할 결과는 Fig. 2에 나타났다. 대조 표준물질로써 ascorbic acid의 농도 10, 25, 50, 100 및 200 ppm에서는 각각 10.58%, 18.90%, 35.10%, 63.89% 및 92.69%의 radical 소거능을 나타냈으며, 가공 방법별 고들빼기를 첨가한 쌀막걸리 중 CSP에서 56.43%로 가장 높은 radical 소거능을 나타냈으며, 그 다음으로 고들빼기 당침액을 첨가한 CSS에서 52.61%의 고들빼기 추출물인 CSE에서는 45.30%, 고들빼기 생체를 넣은 것은 44.14%의 radical 소거능을 나타냈다. 이는 총페놀 화합물 함량의 경향과 유사하며, 고들빼기에 함유된 총페놀 화합물에 기인한 것으로 사료되며, 총페놀 화합물의 자유 라디칼이 수소 원자를 공급함으로써 DPPH 시약의 radical 소거능에 기여한 것으로 판단된다.

### 3.7. ABTS radical 소거능

ABTS[2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazilin-6-sulfonic acid)

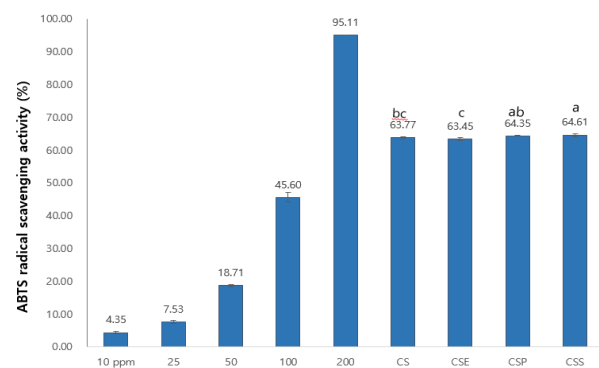


**Fig. 2.** DPPH radical scavenging of fermented rice *makgeolli* with addition of *Crepidiastrum sonchifolium* (Maxim.) Pak & Kawano by various processing methods. CS, *Crepidiastrum sonchifolium*; CSE, extract of CS; CSP, dry powder of CS; CSS, syrup of CS. Ascorbic acid concentrations as the control are 10-200 ppm. All values are mean±SD (n=3) and different superscript letters (<sup>a-c</sup>) on the bar indicate significant differences (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

diammonium salt]와 potassium persulfate의 반응에 의해 생성된 ABTS free radical이 발효한 막걸리의 항산화 물질에 의해 제거되어 radical 특유의 청록색이 연한 녹색으로 탈색되는 것을 이용하여 항산화력을 측정하는 방법이다(Kim 등, 2012). 고들빼기를 가공 방법별로 첨가하여 발효한 쌀막걸리의 ABTS radical 소거능은 Fig. 3에 나타내었다. 대조 표준물질로써 ascorbic acid는 10, 25, 50, 100 및 200 ppm의 농도에서 소거능을 측정했을 때 각각 4.35%, 7.53%, 18.71%, 45.60% 및 95.11%의 ABTS radical 소거능을 나타냈으며, 고들빼기 가공 방법별로 첨가해 발효한 쌀막걸리의 ABTS 라디칼 소거능은 CSS 및 CSP가 각각 64.61% 및 64.35%로 CS 및 CSE가 각각 63.77% 및 63.45%로 비슷한 수준이었으며, 각기 통계적으로는 유의한 차이를 나타냈다. ABTS 라디칼 소거능은 총페놀 함량의 수준과 비슷한 경향은 나타나지 않았으나, 쌀막걸리 4종 모두 대조 표준물질인 ascorbic acid 150 µg/mL 수준의 항산화력을 나타내었다.

## 4. 요약

고들빼기(CS)의 가공 방법별 소재를 적용해 발효한 쌀막걸리의 품질 특성을 조사하였다. 전분 원료 쌀의 2.5%에 해당하는 고들빼기 생체 원재료(CS), 열수 추출물(CSE), 열풍건조 분말(CSP), 당침출(CSS)의 가공 방법별로 CS를 첨가하여 쌀막걸리를 제조하였다. pH값은 초기 4.10-4.20에서 가수 한 후 3.77-3.85로 정상적인 발효 과정을 나타냈다. 적정산도는 0.54-0.58%였으며 고들빼기 소재 가공 방법별 막걸리의 색도는 CSS에서



**Fig. 3.** ABTS radical scavenging of fermented rice *makgeolli* with addition of *Crepidiastrum sonchifolium* (Maxim.) Pak & Kawano by various processing methods. CS, *Crepidiastrum sonchifolium*; CSE, extract of CS; CSP, dry powder of CS; CSS, syrup of CS. Ascorbic acid concentrations as the control are 10-200 ppm. All values are mean±SD (n=3) and different superscript letters (<sup>a-c</sup>) on the bar indicate significant differences (p<0.05) by Duncan's multiple range test.



밝기 L값은 가장 높았고, 적색도 a값 및 황색도 b값은 낮았다. 알코올 함량은 13.50-16.30%을 나타냈다. CSS를 사용한 막걸리의 알코올 함량이 가장 높았다. 총페놀 함량은 331.34-377.02  $\mu\text{g/mL}$ 였다. DPPH 라디칼 소거량은 44.14-56.43%로 CSP의 항산화 활성이 가장 높았으며, 그 다음 CSS로 총페놀 함량과 유사한 경향을 나타냈다. 유기산 함량은 4,304.90-6,159.90  $\mu\text{g/mL}$ 로 CSS를 첨가한 막걸리에서 발효 중 가장 높게 생성되었으며, 가용성 고형분과 유기산 함량이 CSS에서 가장 높은 값을 나타내 당산 비의 조화로 기호도가 높을 것으로 사료되었으며, 이러한 결과는 CSS를 첨가한 막걸리가 높은 유기산 생성과 항산화 활성 등을 포함하는 특성으로 인해 상업적으로 개발될 수 있음을 시사하였다.

### Funding

The research was supported by Suncheon city contributions, 2022-2023.

### Acknowledgements

None.

### Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interest.

### Author contributions

Conceptualization: Oh BY. Methodology: Oh BY. Formal analysis: Lee SG. Validation: Oh BY. Writing - original draft: Oh BY. Writing - review & editing: Oh BY.

### Ethics approval

This article does not require IRB/IACUC approval because there are no human and animal participants.

### ORCID

Bong-Yun Oh (First & Corresponding author)

<https://orcid.org/0009-0008-8307-0683>

Seul-Gi Lee

<https://orcid.org/0000-0001-9197-7324>

### References

- Bae SJ, Kim NH, Koh JB, Roh, SB, Jung BM. Effects of *godulbaegi* (*Ixeris sonchifolia* H.) diets on enzyme activities of CCL<sub>4</sub>, induced hepatotoxicity in rats. Korean J Nutr, 30, 19-24 (1997)
- Bae SM, Han SM, Choi JM, Lee JS, Kim HK. Manufacturing of Korean traditional rice wine *makgeolli* supplemented

- with strawberry and its physicochemical and microbial properties during fermentation. Kor J Mycol, 44, 307-313 (2016)
- Cho KM, Hwang CE, Lee HY, Ahn MJ, Joo OS. Quality characteristics and antioxidant activities of *makgeolli* prepared using rice nuruk containing bitter melon (*Momordica charantia*). Korean J Food Preserv, 23, 259-266 (2016)
- Chung HK. Characteristics and present status of Korean traditional alcoholic beverage. Korean J Diet Cult, 4, 311-318 (1989)
- Food Safety Korea. Food material DB. Available from: <https://www.foodsafetykorea.go.kr>. Accessed Jun. 10, 2024.
- Kang KE, Kim HK, Song KH, Lee HM. Consumption pattern and strategies to increase popularity of *makgeolli* according to age groups in men and women. Korean J Food Nutr, 25, 419-429 (2012)
- 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)
- Kim EK, Chang YH, Ko JY, Jeong YH. Quality characteristics of *Makgeolli* added with kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). J Korean Soc Food Sci Nutr, 42, 1821-1828 (2013)
- Kim HR, Lee IS. Quality changes of *Godulbaefi* (*Youngia sonchifolia* Maxim) *Kimchi* during storage at different temperatures. Koeran J Food Cookery Sci, 24, 617-625 (2008)
- Kim JN, Kim JM, Lee KS. Antioxidant activity of methanol extracts from *Lactuca indica*. Korean J Food Preserv, 19, 294-300 (2012)
- Kim JY, Oh SW, Koh JB. Effect of *Godulbaegi* (*Ixeris sonchifolia* H.) powder on growth, protein and lipid concentrations in rats. J Korean Soc Food Sci Nutr, 27, 525-530 (1998)
- Kim MJ, Park HS, Lee CI, Kim SH, Kim PN, Huh W, Lee DY, Son JC. Component analysis and antioxidant effects of *Youngia sonchifolia* Max. J Fd Hyg Safety, 25, 354-359 (2010)
- Kim OM, Jo YJ, Jeong YJ. Quality characteristics of non steamed oriental melon *makgeolli* by adding suralose. Korean J Food Preserv, 22, 377-384 (2015)
- Kim SH, Park JM, Yoon HS, Song DN, Song IG, Eom HJ. Physiological and sensory characteristics of *makgeolli* with added paprika (*Capsicum annum* L.). Korean J Food Sci Technol, 45, 578-582 (2013)
- KNA. English Names for Korean Native Plants. Korean National Arboretum, Seoul, Korean, p 33 (2015)
- KNTSLAR. National Tax Service Technoical Servie Institute. Liquor Analysis Regulations, Korea, 14 (2023)
- Lee HN, Lee JM, Chang YH. Quality characteristics of *makgeolli* supplemented with cranberries. J East Asian

- Soc Dietary Life, 23, 85-91 (2013)
- Lee NG. Physicochemical characteristics and antioxidant activity of *makgeolli*. J Convergence Cult Technol, 6, 739-745 (2020)
- Lee SJ, Kim JH, Jung YW, Park SY, Shin WC, Park CS, Hong SY, Kim GW. Composition of organic acids and physiological functionality of commercial Makgeolli. Korean J Food Sci Technol, 43, 206-212 (2011)
- Lee SJ, Shin WC. Physiological functionalities of *makgeolli* (Korean paradox). Food Sci Ind, 44, 2-11 (2011)
- Lee SR, Lee YS, Shin SC, Yoon ES. Chemical constituents of *Cynochum wilfordi*, *Codonopsis lanceolata* and *Ixeris sonchifolia*. J Oriental Bot Res, 5, 25-29 (1992)
- Lee TJ, Hwang DY, Lee CY, Son HJ. Changes in yeast cell number, total acid and organic acid during production and distribution processes of *makgeolli*, traditional alcohol of Korea. Korean J Microbiol, 45, 391-396 (2009)
- Park CW, Jang SY, Park EJ, Yeo SH, Kim OM, Jeong YJ. Comparison of the quality characteristics of commercial *makgeolli* type in South Korea. Korean J Food Preserv, 18, 884-890 (2011)
- Rhee SJ, Lee CYJ, Kim KK, Lee CH. Comparison of the traditional (*samhaeju*) and industrial (*cheongju*) rice wine brewing in Korea. Food Sci Biotechnol, 12, 242-247 (2003)
- Shin SC. Search for physiologically active substances of *Youngia sonchifolia* Max. J Koeran Agri Chem Soc, 36, 134-137 (1993)
- So MH, Lee YS, Han SH, Noh WS. Analysis of major flavor compounds in Takju mash brewed with a modified *nuruk*. Korean J Food Nutr, 12, 421-426 (1999)
- Song JC, Park HJ, Shin WC. Changes of *takju* qualities by addition of cyclodextrin during the brewing and aging. Korean J Food Sci Technol, 29, 895-900 (1997)
- Wang SJ, Lee HJ, Cho JY, Park KH, Moo JH. Isolation and identification of antioxidants from *makgeolli*. Korean J Food Sci Technol, 44, 14-20 (2012)
- Yang HS, Choi JS, Lee JH. Further study on the antihypercholesterolemic effect of *Ixeris sonchifolia*. Kor J Pharmacogn, 23, 73-76 (1992)
- 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)