

유색미로 제조한 발효주의 품질 특성

†강 태 수

충북도립대학교 조리제빵과 교수

Quality Characteristics on Traditional Wines Made from Pigmented Rice

†Tae Su Kang

Professor, Dept. of Culinary and Baking, Chungbuk Provincial University, Okcheon 29046, Korea

Abstract

This study compared quality characteristics of traditional wine made with white rice of Samkwang and pigmented rice of heuginmi, joeunheugmi, and heuginju cultivars. After 10 days fermentation period, the pH was in the range of 4.52~4.71. It was higher in pigmented rice than in white rice. Total acidity was 0.50~0.74%. It was also higher in pigmented rice than in white rice. Regarding sugar content, white rice samgkwang had the highest sugar content at 17.40 °Brix and pigmented rice had sugar contents in the range of 13.17~14.93 °Brix. Regarding reducing sugar, white rice samgkwang had the highest content while heuginmi pigmented rice had the lowest content. Alcohol concentrations of traditional wine were in the range of 15.0~15.6%. White rice samgkwang and pigmented rice heuginju cultivars had the highest alcohol concentrations. Traditional wine made from white rice and samgkwang had the highest lightness value at 53.40. For wine made from pigmented rice cultivars, lightness values ranged from 31.91 to 38.33. Pigment wine made from Heuginmi had the highest redness value at 8.08 and the highest yellowness value at 6.39. Major aroma components produced in large amounts of fermented liquor were ethyl acetate, isobutyl alcohol, 2,6-dimethyl-4-heptanone, and isoamyl alcohol.

Key words: pigmented rice, white rice, quality characteristic, traditional wine, aroma compound

서 론

우리나라 전통주는 주로 쌀과 밀 등 전분질을 원료로 하고 누룩을 첨가하여 일정기간 동안 발효시켜 제조되는데, 그중에서도 대표 전통주인 막걸리는 많은 양의 단백질과 당질을 함유하고 있으며 비타민 B군과 lysine 및 leucine 등 필수아미노산과 유기산도 함유하고 있어 맛은 물론 영양학적으로도 우수한 주류이다(Jeong 등 2006; Woo 등 2010).

술은 제조방법에 따라 발효주, 증류주, 혼성주로 구분하며 발효주는 다시 단발효주와 복발효주로 나누고 단발효주는 포도주와 같이 원료 내 함유된 당류를 발효시켜 제조되며 복발효주는 전분질 원료가 당화와 발효가 동시에 일어나는 병행복발효주와 당화후 발효가 되는 단행복발효주가 있다(Lee

등 2010). 우리나라 전통주는 대부분 병행복발효주로서 발효가 끝난 술덧을 그대로 또는 여과, 제성하여 음용하는데, 알코올에서 유래되는 쓴맛과 유기산의 신맛, 아미노산의 구수한 맛, 산과 알코올의 esterification 산물인 향기성분과 당류 등이 잘 조화를 이루어 독특한 풍미를 가지게 된다(Ju 등 2009). 전통 발효주의 품질에 영향을 미치는 중요한 요소에는 전분질 원료, 누룩, 용수, 용기 등이 있는데 그중에서 누룩은 발효주의 품질에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며, 전분질 원료로는 햅쌀과 찰쌀이 가장 많이 사용되고 있다(Han 등 1997a).

유색미는 독특한 향과 색이 있으며 백미에 비해 단백질과 비타민, 미네랄 함량이 높고 영양도 풍부하여 이용 가치도 높으며 품종에 따라 과피가 흑자색, 적갈색, 녹색 등을 나타

† Corresponding author: Tae Su Kang, Professor, Dept. of Culinary and Baking, Chungbuk Provincial University, Okcheon 29046, Korea. Tel: +82-43-730-6352, Fax: +82-43-730-6359, E-mail: tskang@cpu.ac.kr

내는데 흑자색 유색미는 안토시아닌계 색소가 풍부하고, 적색 유색미는 탄닌계 색소 및 catechin 등 다양한 성분이 함유되어 있다(Yoon 등 1997; Kim 등 1999; Park 등 2016; Cho & Jeong 2023). 또 향기성분의 경우 유색미 품종에 따라 다른데 흑미에는 alcohol류, aldehyde류, ketone류 및 terpenoid류 등이 함유되어 있으며 대표적인 성분은 guaiacol, indole과 p-xylene이 알려져 있다(Choi 등 2019). 한편, 유색미를 이용한 전통주와 관련된 연구로는 흑미 첨가 막걸리의 향산화 및 발효 특성(Kim 등 2012a), 흑미를 이용한 무증자 유색주의 제조와 품질(Kim 등 2000) 및 무증자 발아 흑미를 이용한 막걸리 제조 시 온도가 미치는 영향(Kim 등 2012b) 등이 있는데, 이들의 연구는 대부분 유색미를 백미에 일정량 첨가하여 수행한 것으로 유색미만을 이용한 발효주 제조에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 독특한 향과 색을 가진 유색미를 이용한 발효주의 제조방법을 확립하고 품질특성을 살펴보기 위하여 몇 가지 유색미 품종으로 발효주를 제조하고 발효기간에 따른 발효주의 품질 특성을 분석하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용한 유색미 품종은 2019년에 생산된 흑진미(Miryang, Korea), 조은흑미(Cheorwon, Korea) 및 흑진주(Cheorwon, Korea)를 사용하였으며, 대조구로는 백미인 삼광(Gyeongju, Korea)을 농촌진흥청 국립식량과학원에서 제공받아 사용하였다. 누룩은 증자용 개량누룩(Korea Fermentation Co., Hwaseong, Korea)으로 역가가 1,800 sp/g 이상인 것을 구입하였고, 효모는 송천효모(송천효모개발연구소, Cheongyang, Korea)로 효모수가 10^8 cells/g 이상인 것을 사용하였으며 담금 용수는 정수기 물을 사용하였다.

2. 담금 및 발효

유색미 발효주는 Ha 등(2012), Ryu 등(2021)의 원료와 발효제를 혼합하여 한번에 담금하여 완성하는 단양주로 제조하였으며 배합비는 쌀(백미와 유색미) 1,000 g, 누룩 2.5 g, 효모 8 g, 물 1,500 mL로 하여 총 2,533 g의 용량으로 다음과 같이 담금을 진행하였다. 유색미와 백미를 맑은 물이 나올 때까지 5회 이상 충분히 씻어준 뒤 색소의 용출을 최소화하기 위하여 소량의 물을 가하고 12시간 정도 침지시킨 후 roll mill(DK104, Sejungtech Co., Daegu, Korea)로 1회 조분쇄하였다. 분쇄한 쌀은 스팀기(GA Steam Machine, Yuryeon Co., Paju, Korea)로 1시간 증자하여 고두밥을 제조한 뒤 실온에서 충분히 식혀주었다. 누룩 및 효모는 담금 전에 미온수를 이용하

여 미리 활성화시켜 준 다음 식힌 고두밥과 잘 혼합하여 미리 소독한 유리술병에 넣고 25°C에서 10일간 발효를 진행하였으며, 2일 간격으로 시료를 채취하여 원심분리한 다음, 상등액을 취하여 여과한 후 발효주의 품질 특성을 분석하였다.

3. 발효특성 분석

1) pH 및 총산도

발효기간에 따른 발효주의 pH와 총산도는 Woo 등(2010)의 방법에 따라 pH는 pH meter(Orion 4 star, Thermo Scientific, Beverly, MA, USA)를 이용하여 측정하였으며, 총산 함량은 시료 1 mL에 증류수 29 mL를 가하고, 1% 페놀프탈레인 지시약 1~3방울을 넣어 혼합한 후, 0.1 N NaOH 용액으로 적정하여 적자색을 나타내는 시점을 종말점으로 적정량에 상당하는 acetic acid(%)의 함량으로 나타내었다.

2) 당도, 환원당 및 총당

발효기간에 따른 발효주의 당도는 당도계(PAL-1, Atago, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였으며 °Brix로 나타내었다. 환원당은 시료를 적정 비율로 희석한 뒤 DNS법(Miller GL 1959)으로 측정하였다. 즉, 시료 0.2 mL에 DNS 시약 0.4 mL를 가한 뒤 100°C의 끓는 물속에서 5분간 가열하고, 급냉시킨 다음 증류수 1.8 mL를 첨가한 뒤 spectrophotometer(Epoch Microplate Spectrophotometer, Biotek Instruments Inc., Vermont, USA)를 사용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준물질은 D(+)-glucose를 농도별로 조제한 뒤 DNS법으로 실험한 후 검량선을 작성하여 환산하였다. 한편, 총당 함량은 페놀황산법(Kim 등 2007)을 이용하여 다음과 같이 측정하였다. 시료를 적정 비율로 희석한 뒤 희석액 1 mL에 5%의 페놀 용액 0.5 mL 첨가한 후 교반하고 95% 황산 2.5 mL를 가하여 30분간 상온에서 방치한 다음 spectrophotometer(Epoch Microplate Spectrophotometer, Biotek Instruments Inc., Vermont, USA)를 사용하여 470 nm에서 흡광도를 측정하였고, 표준물질로 D(+)-glucose를 농도별로 조제한 다음 검량선을 작성하여 환산하였다.

3) 알코올 농도

발효기간에 따른 발효주의 알코올 농도는 국제청 주류분석규정 주류분석방법(NTS 2009)에 따라 증류법으로 측정하였는데 시료 100 mL와 증류수 100 mL를 500 mL 플라스크에 넣고 증류장치를 이용하여 증류액 70 mL를 받은 후 증류수로 최종 용량을 100 mL로 조정한 다음 주정계로 알코올 농도를 측정하였으며, 최종 알코올 농도는 주정 환산표로 보정하였다.

4) 색도

발효기간에 따른 발효주의 색도는 Kim 등(2007)의 방법에 따라 색차계(CR-300, Minolta, Tokyo, Japan)를 사용하여 기기의 영점을 먼저 표준 색판(L=96.28, a= - 5.06, b=+7.14)으로 보정한 다음 시료의 L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값을 각각 3회 반복하여 측정 후 평균값으로 환산하였다.

5) 향기성분 분석

발효기간에 따른 발효주의 주요 향기성분은 Park 등(2020)의 방법을 변형하여 분석하였다. 즉, 시료 10 mL에 내부표준물질 4-methyl-2-pentanol을 첨가하였으며, 향기성분은 direct headspace 방법을 이용하여 GC/MS(Shimadzu, Kyoto, Japan)로 분석하였다. Column은 HP-FFAP(30 m×0.25 mm×0.2 μm, Agilent Technologies)를 사용하였으며, carrier gas는 헬륨을 이용하였고 향기성분의 동정은 GC/MS를 이용하여 얻은 mass spectrum을 NIST data base로 검색하여 일정농도 범위 이상의 성분을 대상으로 동정하였으며, 정량은 내부표준물질의 면적비를 기준으로 환산하였다.

6) 통계분석

통계분석은 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 12.0, IBM SPSS Statistics, Chicago, IL, USA)을 이용하여 평균과 표준편차를 구하고 일원배치 분산분석(one way ANOVA-test) 후 Duncan's multiple range test를 실시하여 신뢰구간 $p < 0.05$ 에서 발효기간에 따른 품종 간 및 요인들 간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. pH 및 총산도

발효 10일 동안의 유색미 발효주의 pH와 총산도 변화는 Table 1과 같다. 발효주의 pH는 발효의 진행상황과 알코올 생성정도를 짐작할 수 있는 중요한 지표로 백미와 유색미 발효주의 0일차 pH는 5.10~5.65 범위를 나타내었다. 발효 2일차에는 유색미와 백미 모두에서 감소하다가 발효 4일차에는 다소 증가하였으며 그 이후부터 발효종료일인 10일까지는 pH가 완만하게 유지되는 경향을 보였는데 전 발효기간을 통하여 백미보다 유색미에서 pH가 높았고 백미와는 유의적인 차이가 있었다. 이와 같은 결과는 Kim 등(2000)의 흑미를 이용한 무증자 유색주의 제조와 품질에 관한 연구에서 흑미의 첨가비율이 높아짐에 따라 pH가 높아지는 경향이 있었다는 보고와는 유사하였으나 Kim 등(2012a)의 흑미 첨가 막걸리의 항산화 및 발효 특성 연구에서 흑미를 첨가하지 않은 대조구의 pH가 가장 높았고 흑미 첨가량이 많을수록 pH가 낮아지는 경향이었던 보고와는 상반된 결과를 보여 이는 유색미의 품종, 발효제, 배합비 및 발효조건 등에 따라 차이가 나타나는 것으로 판단되었다. 일반적으로 막걸리 제조시 발효 초기의 pH는 재료와 발효작용으로 생성된 유기산 등으로 인해 발효 초기 pH가 낮아지다가 발효 후기에 pH가 완만하게 증가하는 결과(Lee 등 2010, Han 등 1997a)를 나타내는데, Lee HS(2012)의 흥국쌀 첨가량과 누룩의 종류를 달리한 흥국막걸리 제조 연구에서도 초기 pH 5.05~5.35에서 시작하여 발효 5일까지 감소하였으며 그 후 발효 종료까지 소폭 증가하였다고 보고하여, 본 결과와 비교적 잘 일치하였다.

총산도는 막걸리의 풍미와 보존성에 영향을 주는 지표 중

Table 1. Changes in pH and total acidity during fermentation periods of white and pigmented rice wine

	Cultivar	Fermentation periods (days)					
		0	2	4	6	8	10
pH	<i>Samkwang</i>	5.10±0.02 ^{Ad1)2)}	4.19±0.00 ^{Ed}	4.39±0.02 ^{Dc}	4.49±0.01 ^{Cc}	4.51±0.00 ^{Bb}	4.52±0.00 ^{Bb}
	<i>Heuginmi</i>	5.48±0.01 ^{Ab}	4.66±0.00 ^{Ec}	4.73±0.00 ^{Bb}	4.72±0.01 ^{Ca}	4.71±0.00 ^{Da}	4.71±0.00 ^{Da}
	<i>Joehneugmi</i>	5.42±0.00 ^{Ac}	4.67±0.00 ^{Db}	4.72±0.01 ^{Ba}	4.72±0.01 ^{Ba}	4.70±0.00 ^{Ca}	4.70±0.00 ^{Ca}
	<i>Heuginju</i>	5.65±0.00 ^{Aa}	4.69±0.01 ^{Ca}	4.71±0.01 ^{Ba}	4.70±0.01 ^{Bb}	4.71±0.00 ^{Ba}	4.71±0.00 ^{Ba}
Total acidity (acetic acid %)	<i>Samkwang</i>	0.06±0.00 ^{Da}	0.39±0.03 ^{Cb}	0.41±0.06 ^{BCb}	0.47±0.00 ^{ABb}	0.49±0.03 ^{Ab}	0.50±0.03 ^{Ab}
	<i>Heuginmi</i>	0.10±0.03 ^{Da}	0.49±0.03 ^{Ca}	0.54±0.03 ^{BCa}	0.58±0.06 ^{Ba}	0.58±0.06 ^{Ba}	0.72±0.03 ^{Aa}
	<i>Joehneugmi</i>	0.08±0.03 ^{Fa}	0.45±0.03 ^{Ea}	0.50±0.03 ^{Da}	0.56±0.03 ^{Ca}	0.64±0.00 ^{Ba}	0.72±0.03 ^{Aa}
	<i>Heuginju</i>	0.10±0.03 ^{Ea}	0.47±0.00 ^{Da}	0.56±0.03 ^{Ca}	0.58±0.00 ^{BCa}	0.62±0.03 ^{Ba}	0.74±0.03 ^{Aa}

¹⁾ Values are expressed as the mean±S.D. (n=3).

²⁾ Different capital letters (^{A-F}) in the same row indicate a significant difference among fermentation periods and small letters (^{a-d}) in the same column indicate a significant difference among samples by Duncan's range test ($p < 0.05$).

하나로 발효 초기 총산도는 0.06~0.10% 범위를 나타내었고, 발효 2일차에 유색미와 백미 모두 급격히 증가하였으며, 그 이후엔 완만하게 증가하였는데, 특히 유색미는 발효 8일차에 비해 10일차에 총산도가 백미보다 크게 증가하는 경향을 보였다. 이는 Han 등(1997a)의 누룩 종류에 따른 막걸리 제조에서 총산 함량은 담금 직후 주로 원료중의 유기산이 총산 함량에 주로 관여하나 발효가 진행되면서 젖산이나 효모에 의한 유기산 생성으로 총산의 양이 다소 증가하게 된다고 보고하였는데, 본 실험에서는 발효 2일차에 총산이 급격히 증가하여 초기 발효 속도가 빠른 것으로 생각되었으며 그 후에는 생성된 유기산이 향미 성분에 관여하여 완만한 증가세를 보인 것으로 판단된다. 특히 발효 10일차에 유색미의 총산도가 0.72~0.74%로 백미(0.50%)에 비해 증가하였는데 이는 Kim 등(2012a)의 흑미 첨가 막걸리의 항산화 및 발효특성 연구에서 발효 10일차에 흑미를 첨가한 실험군이 대조군에 비해 citric acid, malic acid, succinic acid 및 lactic acid 모두 증가하였다는 결과와 본 연구 결과와는 대체로 잘 일치하였다.

2. 당도, 환원당 및 총당

유색미 발효주의 발효기간별 당도, 환원당 및 총당의 변화는 Table 2와 같다. 먼저 당도는 발효 초기에 삼광이 12.63 °Brix로 가장 높았으며 유색미는 6.70~8.73 °Brix이었다. 2일차에 4종의 발효주 모두에서 당도가 크게 증가한 후 큰 변화 없이 일정한 값을 유지하였는데 발효 종료일인 10일차에도

삼광이 17.40 °Brix로 가장 높은 값을 보였으며 유색미 3종은 13.17~14.93 °Brix 범위이었다. 이와 같이 백미의 당도가 유색미보다 높은 것은 유색미는 현미상태로 도정되어 전분질 성분이 상대적으로 적기 때문인 것으로 알려져 있는데, Ha 등(1999)은 유색미 품종별 호화 특성의 연구에서 일반 메벼품종의 아밀로오스 함량은 16~29% 범위인데 반해 흑미품종은 14.27~16.84%로 낮은 것으로 보고한 바 있다. 환원당 함량은 삼광이 발효 초기에 105.71 mg/mL로 가장 높았고 유색미 발효주는 50.16~87.24 mg/mL이었으며 발효 2일차부터 감소하여 발효 종료일인 10일차에는 삼광이 80.51 mg/mL로 가장 높은 반면, 유색미는 18.88~43.16mg/mL이었다. Kim 등(2000)은 흑미를 이용한 유색주 제조 연구로부터 술덧의 숙성 중 당의 감소는 효모수 및 알코올의 생성과 밀접한 관계를 가지며 특히 복발효 과정 중에는 당의 생성과 알코올로의 전환이 복합적으로 이루어지기 때문에 당의 감소와 비례하여 알코올 농도가 증가하는 것으로 평가할 수는 없으나 흑미의 첨가비율이 높아짐에 따라 당의 감소율이 높다고 보고하여 본 연구 결과와도 비교적 잘 일치하였다. 일반적으로 막걸리는 초기에 곰팡이류에 의한 전분의 분해로 환원당이 증가하며 이와 동시에 효모가 당을 이용하여 알코올로 전환하는 것으로 알려져 있다(Ha 등 2012).

총당은 쌀 품종에 따라 서로 다른 경향을 보였는데 흑진미는 발효 초기 총당이 222.13 mg/mL로 조은흑미(89.99 mg/mL)와 흑진주(60.23 mg/mL)에 비해 크게 높았으나 백미인 삼광

Table 2. Changes in °Brix, reducing sugar and total sugar during fermentation periods of white and pigmented rice wine

Cultivar	Fermentation periods (days)						
	0	2	4	6	8	10	
°Brix	<i>Samkwang</i>	12.63±0.06 ^{Da1)2)}	17.13±0.06 ^{Aa}	17.00±0.00 ^{Ca}	17.17±0.06 ^{Ba}	17.30±0.00 ^{Ea}	17.40±0.00 ^{Ea}
	<i>Heuginmi</i>	8.73±0.06 ^{Db}	13.70±0.17 ^{Ad}	13.37±0.06 ^{Bc}	13.13±0.06 ^{Cd}	13.17±0.06 ^{Cd}	13.17±0.06 ^{Cd}
	<i>Jo Eunheugmi</i>	7.67±0.06 ^{Ec}	14.67±0.06 ^{Db}	15.00±0.00 ^{ABd}	15.07±0.06 ^{Ab}	14.87±0.06 ^{Cb}	14.93±0.06 ^{BCb}
	<i>Heuginju</i>	6.70±0.00 ^{Fd}	14.33±0.06 ^{Cc}	14.57±0.06 ^{Ab}	14.47±0.06 ^{Bc}	14.13±0.06 ^{Ec}	14.23±0.06 ^{Dc}
Reducing sugar (mg/mL)	<i>Samkwang</i>	105.71±0.50 ^{Aa}	93.97±0.30 ^{Ba}	80.71±0.11 ^{Ca}	76.42±0.75 ^{Da}	79.72±0.82 ^{Ca}	80.51±0.41 ^{Ca}
	<i>Heuginmi</i>	87.24±0.50 ^{Ab}	47.45±0.11 ^{Bd}	28.32±0.50 ^{Cd}	20.99±0.11 ^{Dd}	19.41±0.23 ^{Ed}	18.88±0.20 ^{Ed}
	<i>Jo Eunheugmi</i>	68.37±0.40 ^{Ac}	60.39±0.30 ^{Bb}	53.39±0.41 ^{Cb}	47.92±0.50 ^{Db}	42.44±0.20 ^{Fb}	43.16±0.30 ^{Eb}
	<i>Heuginju</i>	50.16±0.34 ^{Bd}	57.28±0.52 ^{Ac}	47.72±0.11 ^{Cc}	41.19±0.30 ^{Dc}	37.62±0.41 ^{Ec}	36.90±0.20 ^{Fc}
Total sugar (mg/mL)	<i>Samkwang</i>	234.85±4.70 ^{Aa}	204.94±2.10 ^{Ea}	165.03±10.41 ^{Da}	86.72±1.08 ^{Ca}	189.79±3.43 ^{Ba}	84.79±0.76 ^{Bb}
	<i>Heuginmi</i>	222.13±4.58 ^{Ab}	67.56±2.02 ^{Cd}	75.21±0.73 ^{Bc}	43.71±0.30 ^{Dd}	32.15±0.77 ^{Ed}	46.11±0.37 ^{Dd}
	<i>Jo Eunheugmi</i>	89.99±1.30 ^{Ac}	86.55±0.72 ^{Bc}	80.43±0.21 ^{Cbc}	68.28±1.61 ^{Db}	80.53±2.16 ^{Cc}	56.54±0.83 ^{Ec}
	<i>Heuginju</i>	60.23±1.41 ^{Ed}	98.16±1.87 ^{Bb}	67.04±1.07 ^{Db}	50.30±1.50 ^{Fc}	86.30±2.72 ^{Cb}	107.50±2.23 ^{Aa}

1) Values are expressed as the mean±S.D. (n=3).

2) Different capital letters (^{A-F}) in the same row indicate a significant difference among fermentation periods and small letters (^{a-d}) in the same column indicate a significant difference among samples by Duncan's range test ($p<0.05$).

의 234.85 mg/mL와는 비슷한 함량을 보였다. 또한 발효가 진행되면서 총당 함량은 전반적으로 감소하는 경향을 나타내었으나 흑진주의 경우는 8일차부터 10일차까지 총당 함량이 증가하는 특징을 보였다. 이는 발효가 진행되면서 일반적으로 환원당이나 총당이 감소하는 결과와는 차이가 있으나 Kim 등(2007)의 팽화미분 첨가에 따른 탁주의 양조 연구에서 발효 5일에서 6일차에 팽화미분 25%, 50% 75% 첨가군에서 총당이 상승하였다는 결과와 Lee 등(2010)의 효모종류에 따른 탁주의 품질특성 연구에서 *S. coreanus*로 발효시킨 탁주의 총당이 발효 4일차에 비해 발효 6일차에 증가하였다는 보고도 있어 발효기간에 따른 총당의 변화에 관한 확인 규명을 위한 추가 검토의 필요성이 있는 것으로 판단되었다.

따라서 본 유색미 발효주에서의 당류의 함량은 유색미 품종별 성분 함량의 차이와 미생물에 의한 당화 및 알코올 발효 속도, 발효조건 등 복합적인 요인의 영향을 받는 것으로 판단되었다.

3. 알코올 농도

전통 발효주의 에탄올 함량은 술의 품질과 생산수율을 결정하는 중요한 요인중 하나로 백미와 유색미 발효주의 발효 기간 및 품종별 알코올 함량을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 발효 2일째에 흑진미가 13.0%로 가장 높았으며 흑진주와 조은흑미는 11.8%이었고 대조구인 삼광은 11.9%를 보여 초기 알코올 발효 속도가 빠른 것으로 나타났다. 흑진미는 발효 4일째에 15.0%이였으며 발효 6일차에 15.7%로 최고값을 보였고 그 이후에는 알코올 농도가 완만하게 유지되는 경향을 보인 반면, 조은흑미와 흑진주는 발효종료 시점인 10일까지도 알코올 농도가 증가하였다. 발효 10일째에 모든 유색미 처리구에서 알코올 농도는 15.0~15.6%를 나타내어 백미인 삼광 15.5%와 큰 차이가 없어 유색미를 활용한 발효주의 생산시 알코올 발효에는 큰 문제가 없는 것으로 판단되었다. 본 연구에서 초기 알코올 함량은 일반적인 탁주 담금에서의

결과 보다 다소 높은 것으로 나타났으나 Kwon 등(2013)의 쌀 품종을 달리한 입국의 제조 및 막걸리의 품질 특성연구에서 발효 3일차에 알코올 함량이 11.5~14.5%이였다는 결과와 Kim 등(2007)의 팽화미분 첨가에 따른 탁주 양조 연구에서 백미 대조군이 발효 2일차에 11.3%이였다는 결과와 비슷한 값을 보여 발효주 제조시 재료의 종류와 배합비, 그리고 발효 조건과 환경에 따라 미생물의 알코올 발효 속도는 차이가 있음을 알 수 있었다.

4. 색도

백미와 유색미 발효주의 발효기간별 색도 변화는 Table 4 및 Fig. 1과 같다. 발효 초기 명도(L)는 흑진미 45.65, 조은흑미 37.19, 흑진주 34.89 순으로 나타났으며 백미인 삼광이 53.71로 가장 높았고 발효 종료일의 명도도 백미가 53.40으로 가장 높았으며 흑진주가 31.91로 가장 낮았다. 백미인 삼광을 제외한 3종의 유색미 발효주의 명도는 발효 초기부터 발효 6일차까지는 감소하다가 그 이후부터는 큰 변화없이 일정한 값을 보였다. 적색도(a)는 발효초기 조은흑미가 9.49로 가장 높았으며 그 다음으로 흑진주 9.22, 흑진미 4.37, 삼광 -0.24 순이었고 발효 종료일에는 흑진미가 8.08로 가장 높았다. Kim 등(1999)은 유색미 식혜의 당화 및 관능적 특성 연구에서 유색미의 경우 당화과정 중에 anthocyanin 색소인 cyanidin-3-glucoside가 용출되어 적색도가 증가하였다고 추정된 바와 같이 본 연구에서도 흑진미의 경우는 발효기간 중 당화가 되면서 적색도가 증가한 것으로 판단되었다. 황색도(b)는 발효 초기 흑진미가 7.17로 가장 높았고, 그 다음으로는 조은흑미 6.89, 흑진주 5.20, 삼광 0.23 순이였으며 발효 종료일에도 흑진미가 6.39로 가장 높았고 흑진주가 1.89로 가장 낮은 황색도를 보였다. 유색미 발효주 3종의 황색도는 발효 초기에 비해 발효종료일에 모두 감소하는 경향을 보였으며 백미인 삼광은 오히려 증가하는 결과를 보였다.

이상에서 유색미 발효주의 발효 기간에 따른 색도의 변화

Table 3. Changes in alcohol concentration during fermentation periods of white and pigmented rice wine (unit: %)

Cultivar	Fermentation periods (days)				
	2	4	6	8	10
<i>Samkwang</i>	11.90±0.40 ^{D^b1)2)}	14.30±0.20 ^{C^b}	15.10±0.20 ^{A^Bb}	14.70±0.10 ^{B^Cb}	15.50±0.20 ^{A^a}
<i>Heugjinmi</i>	13.00±0.20 ^{C^a}	15.00±0.10 ^{B^a}	15.70±0.20 ^{A^a}	15.10±0.10 ^{B^a}	15.00±0.10 ^{B^b}
<i>Joeunheugmi</i>	11.80±0.10 ^{D^b}	12.60±0.20 ^{C^d}	14.03±0.06 ^{B^c}	13.90±0.20 ^{B^c}	15.20±0.10 ^{A^b}
<i>Heugjinju</i>	11.80±0.30 ^{E^b}	13.30±0.10 ^{D^c}	13.80±0.40 ^{C^c}	14.50±0.10 ^{B^d}	15.60±0.10 ^{A^a}

¹⁾ Values are expressed as the mean±S.D. (n=3).

²⁾ Different capital letters (^{A-E}) in the same row indicate a significant difference among fermentation periods and small letters (^{a-d}) in the same column indicate a significant difference among samples by Duncan's range test ($p<0.05$).

Table 4. Changes in color value during fermentation periods of white and pigmented rice wine

Sample	Fermentation time (day)						
	0	2	4	6	8	10	
L	<i>Samkwang</i>	53.71±0.12 ^{Dd1)2)}	55.20±0.10 ^{Aa}	54.11±0.20 ^{Ca}	54.79±0.18 ^{Ba}	53.41±0.16 ^{Da}	53.40±0.07 ^{Ea}
	<i>Heugjinmi</i>	45.65±0.26 ^{Ac}	41.24±0.20 ^{Bb}	36.88±0.16 ^{Eb}	36.74±0.05 ^{Eb}	37.79±0.40 ^{Db}	38.33±0.05 ^{Cb}
	<i>Joeunheugmi</i>	37.19±0.03 ^{Aa}	32.58±0.07 ^{Bc}	32.08±0.13 ^{Cc}	32.07±0.56 ^{Cc}	31.89±0.12 ^{Cc}	32.08±0.05 ^{Cc}
	<i>Heugjinju</i>	34.89±0.03 ^{Ab}	31.73±0.01 ^{BCd}	31.44±0.14 ^{Dd}	31.55±0.22 ^{CDc}	31.64±0.14 ^{CDc}	31.91±0.09 ^{Dd}
a	<i>Samkwang</i>	-0.24±0.01 ^{Ad}	-1.21±0.02 ^{Cd}	-1.03±0.03 ^{Bd}	-1.46±0.02 ^{Ed}	-1.20±0.02 ^{Cd}	-1.28±0.02 ^{Dd}
	<i>Heugjinmi</i>	4.37±0.14 ^{Fa}	6.82±0.14 ^{Eb}	7.53±0.04 ^{Cb}	7.31±0.19 ^{Da}	7.80±0.06 ^{Ba}	8.08±0.04 ^{Aa}
	<i>Joeunheugmi</i>	9.49±0.03 ^{Ab}	7.19±0.04 ^{Ba}	6.12±0.11 ^{Ca}	5.71±0.30 ^{Db}	5.57±0.05 ^{Db}	5.99±0.01 ^{Cb}
	<i>Heugjinju</i>	9.22±0.02 ^{Ac}	5.57±0.03 ^{Bc}	4.58±0.09 ^{Cc}	4.41±0.06 ^{Dc}	4.67±0.05 ^{Cc}	5.60±0.06 ^{Bc}
b	<i>Samkwang</i>	0.23±0.02 ^{Fd}	2.92±0.03 ^{Db}	2.17±0.03 ^{Ec}	3.82±0.03 ^{Ab}	3.27±0.04 ^{Cb}	3.47±0.03 ^{Bb}
	<i>Heugjinmi</i>	7.17±0.26 ^{Ba}	7.57±0.24 ^{Aa}	5.79±0.05 ^{Da}	5.51±0.23 ^{Da}	6.12±0.04 ^{Ca}	6.39±0.01 ^{Ca}
	<i>Joeunheugmi</i>	6.89±0.02 ^{Ab}	2.91±0.02 ^{Bb}	2.33±0.04 ^{Cb}	2.04±0.24 ^{Dc}	2.09±0.04 ^{Dc}	2.21±0.03 ^{CDc}
	<i>Heugjinju</i>	5.20±0.01 ^{Ac}	2.09±0.04 ^{Bb}	1.68±0.05 ^{Dc}	1.52±0.06 ^{Ed}	1.58±0.07 ^{Ed}	1.89±0.08 ^{Cd}

1) Values are expressed as the mean±SD. (n=3).

2) Different capital letters (A-F) in the same row indicate a significant difference among fermentation periods and small letters (a-d) in the same column indicate a significant difference among samples by Duncan's range test ($p<0.05$).

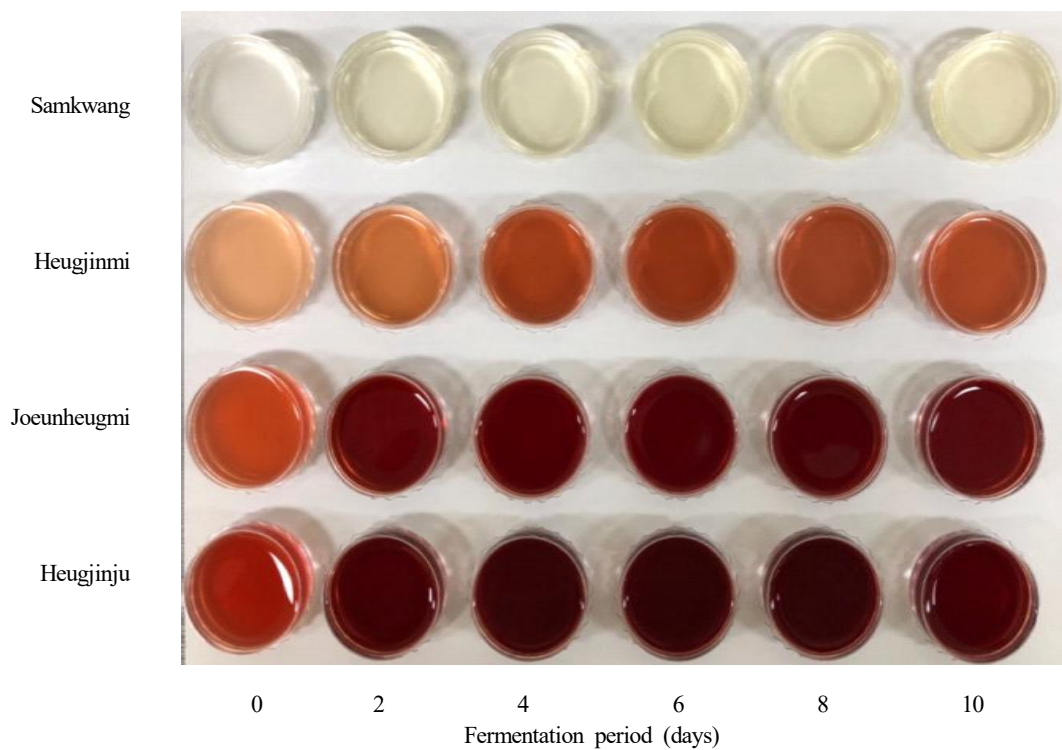


Fig. 1. Color of rice wine with different cultivar according to fermentation periods.

는 유색미 품종과 발효 시간에 따라 차이가 나타났으므로 최적의 색도를 가진 유색미 발효주를 생산하기 위해서는 유색

미 품종별 발효 시간과 조건에 대한 면밀한 검토가 있어야 할 것으로 판단되었다.

Table 5. Changes in volatile compounds during fermentation periods of white and pigmented rice wine (Unit: ppm)

Compound	Cultivar	Fermentation periods (days)				
		2	4	6	8	10
Acetadehyde	<i>Samkwang</i>	84.940	109.485	61.812	48.877	31.880
	<i>Heuginmi</i>	13.839	12.992	13.959	15.329	14.328
	<i>Joeunheugmi</i>	6.587	19.314	9.818	9.557	9.489
	<i>Heuginju</i>	17.655	12.750	13.471	9.014	12.314
Tetrahydrofuran	<i>Samkwang</i>	40.155	40.155	65.294	39.182	17.962
	<i>Heuginmi</i>	17.734	25.781	32.845	22.261	30.836
	<i>Joeunheugmi</i>	12.759	20.482	10.894	14.288	20.167
	<i>Heuginju</i>	56.140	22.617	17.319	16.295	14.819
Ethyl acetate	<i>Samkwang</i>	62.282	91.246	83.190	139.051	102.764
	<i>Heuginmi</i>	47.583	65.702	82.633	87.888	110.786
	<i>Joeunheugmi</i>	35.953	60.771	62.466	64.211	89.434
	<i>Heuginju</i>	58.882	70.267	83.798	83.798	111.897
Methyl isobutyl ketone	<i>Samkwang</i>	66.883	19.675	11.270	24.854	18.908
	<i>Heuginmi</i>	17.139	14.153	17.725	15.704	14.364
	<i>Joeunheugmi</i>	11.859	22.521	12.648	16.033	15.256
	<i>Heuginju</i>	18.843	20.538	16.536	15.514	15.620
1-propanol	<i>Samkwang</i>	67.164	49.394	31.387	54.545	20.088
	<i>Heuginmi</i>	19.730	12.703	-	-	7.032
	<i>Joeunheugmi</i>	14.091	12.259	19.224	17.548	14.595
	<i>Heuginju</i>	14.808	18.039	11.296	13.650	13.688
Isobutyl alcohol	<i>Samkwang</i>	166.502	214.802	195.886	205.886	177.240
	<i>Heuginmi</i>	87.080	88.845	77.749	83.511	76.343
	<i>Joeunheugmi</i>	30.544	69.048	87.122	63.532	86.810
	<i>Heuginju</i>	74.090	74.749	52.951	89.826	75.140
2,6-dimethyl-4-heptanone	<i>Samkwang</i>	164.329	120.303	115.067	153.638	153.972
	<i>Heuginmi</i>	137.821	130.625	149.248	142.296	166.466
	<i>Joeunheugmi</i>	86.657	165.519	98.182	197.200	119.316
	<i>Heuginju</i>	136.064	143.729	151.386	128.537	158.885
Isoamyl alcohol	<i>Samkwang</i>	157.704	208.196	206.483	173.521	172.190
	<i>Heuginmi</i>	179.818	191.244	149.299	170.176	148.914
	<i>Joeunheugmi</i>	203.469	144.529	207.935	230.947	198.813
	<i>Heuginju</i>	177.276	166.851	141.758	181.768	149.255
1-ethyl-2-methyl-benzene	<i>Samkwang</i>	16.582	11.017	7.653	19.215	13.379
	<i>Heuginmi</i>	8.631	10.953	13.273	12.650	17.301
	<i>Joeunheugmi</i>	-	9.039	4.594	2.537	5.735
	<i>Heuginju</i>	11.032	9.984	5.547	12.368	14.030
Acetic acid	<i>Samkwang</i>	-	2.921	14.427	7.145	-
	<i>Heuginmi</i>	18.527	29.495	38.947	13.214	20.944
	<i>Joeunheugmi</i>	22.510	-	10.884	13.744	9.529
	<i>Heuginju</i>	16.673	11.952	34.583	18.074	2.130
2,3-butanediol	<i>Samkwang</i>	-	-	5.786	17.360	3.914
	<i>Heuginmi</i>	16.913	17.750	30.302	14.262	34.682
	<i>Joeunheugmi</i>	9.735	-	-	-	-
	<i>Heuginju</i>	-	-	6.601	8.226	-
Hexadecanoic acid, ethyl ester	<i>Samkwang</i>	-	-	11.965	7.229	-
	<i>Heuginmi</i>	21.143	-	10.589	6.129	5.968
	<i>Joeunheugmi</i>	-	4.987	-	-	-
	<i>Heuginju</i>	-	-	-	3.282	5.431

5. 향기 성분

백미와 유색미 발효주의 발효기간에 따른 주요 향기성분은 Table 5에서와 같이 alcohol류 4종, ester류 2종, aldehyde류 1종, acid류 1종, benzene류 1종, ketone류 1종 및 furan류 1종 등 총 12종이 검출되었으며, 본 자료에서는 에탄올과 극미량의 향기성분은 제외하였다.

총 10일간의 발효를 통하여 얻은 유색미 발효주의 주요 향기성분은 4종으로 ethyl acetate, isobutyl alcohol, 2,6-dimethyl-4-heptanone 및 isoamyl alcohol 이었다. Ethyl acetate의 함량은 유색미와 백미 발효주 4종 모두 발효 초기값에 비해 발효 시간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 보였는데 유색미 발효주 3종 중에서 흑진주가 발효 10일차에 111.892 ppm으로 가장 높았으며, 조은흑미가 89.434 ppm으로 가장 낮은 함량을 보였다. Isobutyl alcohol은 백미인 삼광에서 발효 초기 166.502 ppm과 발효 종료시 177.240 ppm으로 가장 높았으며 유색미의 경우는 백미에 비해 함량이 낮았고 발효 종료시 조은흑미가 86.810 ppm으로 유색미중에서 가장 높은 값을 보였다. 2,6-dimethyl-4-heptanone은 유색미 3종 모두 발효가 진행되면서 함량이 증가하는 경향을 보였으며 흑진미가 발효 종료시 166.466 ppm으로 가장 높은 반면, 조은흑미에서 119.316 ppm으로 가장 낮게 검출되었다. Isoamyl alcohol은 발효초기 유색미 3종 모두가 백미에 비해 높은 함량을 보였으며 그중에서도 조은흑미가 203.469 ppm으로 가장 높은 함량을 나타내었고 발효 8일차에도 230.947 ppm으로 가장 높았다. 백미인 삼광의 경우 isoamyl alcohol은 발효 초기 157.704 ppm에서 발효 종료 시 172.190 ppm으로 다소 증가한 반면, 유색미 3종에서는 발효 초기값에 비해 발효 종료일에 모두 감소하는 대조적인 결과를 보였다.

일반적으로 탁주의 alcohol류 중에서 ethanol을 제외하고 isoamyl alcohol과 isobutyl alcohol이 주성분이며(Han 등 1997b) 이들의 함량 및 함량비는 발효주의 향과 맛에 큰 영향을 주는 것으로 평가되고 있는데 isoamyl alcohol은 fusel oil의 일종으로 주로 바나나향인 반면, isobutyl alcohol은 ethanol과 유사한 관능적 특성을 가지고 있는 것으로 보고되어 있다(Ju 등 2009). 탁주의 향기성분은 누룩이나 주모 및 담금 후 술덧 중에 생육하는 각종 미생물의 발효작용이나 원료로부터 생성되며(Lee 등 1996), 발효 기간에 따라 향기성분의 수와 양은 변하는데 Lee와 Choi(2005)는 *A. kawachii* 누룩으로 담금한 탁주의 발효과정중 술덧의 향기성분은 발효 초기 32종에서 발효 2일차에 45종, 발효 6일차에 63종이 검출되었다고 보고한 바 있다. 또 Lee 등(2007)은 효모 종류를 달리한 탁주 술덧의 발효에서 최대 44종이 검출되었고 모든 시험구에서 공통으로 검출된 향기성분은 총 15종이라고 보고하였으며 Ju 등(2009)도 전분분해 효모융합체를 이용한 전통발효주의

제조와 품질특성에서 검출된 향기성분은 21종이라고 보고한 바 있다.

따라서 본 연구에서 검출된 주요 향기성분의 수는 총 12종으로 상기 연구 결과와는 다소 차이가 있었는데 이는 본 연구에서는 ethanol과 미량 성분은 제외하여 나타난 결과로 판단되었다.

요약 및 결론

본 연구는 백미품종인 삼광과 유색미인 흑진미, 조은흑미 및 흑진주 품종을 이용하여 발효주를 제조하고 그 품질 특성을 비교하였다. 10일간 발효 후 pH는 4.52~4.71 범위를 보였고 백미보다 유색미에서 높게 나타났다. 총산도는 0.50~0.74% 수준으로 나타났으며 유색미에서 높았다. 당도는 백미 삼광이 17.40 °Brix으로 가장 높았으며 유색미는 13.17~14.93 °Brix 범위를 보였다. 환원당은 백미 삼광이 가장 높았으며 유색미 중 흑진미 품종이 가장 낮았다. 발효주의 알코올 농도는 15.0~15.6%이었으며, 백미 삼광과 유색미 흑진주 품종이 가장 높게 나타났다. 발효주의 명도는 백미 삼광이 53.40으로 가장 높았고, 유색미 품종은 31.91~38.33의 범위를 나타내었으며, 적색도는 흑진미가 8.08로 가장 높았고, 황색도는 흑진미가 6.39로 가장 높게 나타났다. 발효주의 주요 다량 생성 향기성분으로는 ethyl acetate, isobutyl alcohol, 2,6-dimethyl-4-heptanone 및 iso-amyl alcohol로 나타났다. 이상의 결과로부터 유색미는 백미와 유사한 발효율을 보이며, 색상이 아름다워 우수한 품질의 발효주 제조가 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 충북도립대학교 전임교원 연구년제 운영규정에 따라 수행되었으며 일정기간 동안 학술연구 활동을 허가해 주셔서 이에 감사드립니다.

References

- Cho MJ, Jeong HS. 2023. Quality characteristics of fermented rice beverage prepared with green glutinous rice. *Korean J Food Nutr* 36:341-353
- Choi S, Seo HS, Lee KR, Lee S, Lee J, Lee J. 2019. Effect of milling and long-term storage on volatiles of black rice (*Oryza sativa* L.) determined by headspace solid-phase microextraction with gas chromatography-mass spectrometry. *Food Chem* 276:572-582
- Ha SJ, Yang SK, In YW, Kim YJ, Oh SW. 2012. Changes in

- microbial and physicochemical properties of single-brewed *makgeolli* by high hydrostatic pressure treatment during fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:1176-1181
- Ha TY, Park SH, Lee SH, Kim DC. 1999. Gelatinization properties of pigmented rice varieties. *Korean J Food Sci Technol* 31:564-567
- Han EH, Lee TS, Noh BS, Lee DS. 1997a. Quality characteristics in mash of *takju* prepared by using different *nuruk* during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 29:555-562
- Han EH, Lee TS, Noh BS, Lee DS. 1997b. Volatile flavor components in mash of *takju* prepared by using different *nuruks*. *Korean J Food Sci Technol* 29:563-570
- Jeong JW, Park KJ, Kim MH, Kim DS. 2006. Changes in quality of spray-dried and freeze-dried *takju* powder during storage. *Korean J Food Sci Technol* 38:513-520
- Ju MN, Hong SW, Kim KT, Yum SK, Kim GW, Chung KS. 2009. Preparation of Korean traditional alcoholic beverage (*yakju*) by a protoplast fusion yeast strain utilizing starch and its quality characteristics. *Korean J Food Sci Technol* 41:541-546
- Kim DR, Seo BM, Noh MH, Kim YW. 2012a. Comparison of temperature effects on brewing of *makgeolli* using uncooked germinated black rice. *Korean Soc Biotechnol Bioeng J* 27:251-256
- Kim JY, Sung KW, Bae HW, Yi YH. 2007. pH, acidity, color, reducing sugar, total sugar, alcohol and organoleptic characteristics of puffed rice powder added *takju* during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 36:266-271
- Kim MS, Hahn TR, Yoon HH. 1999. Saccharification and sensory characteristics of *sikhe* made of pigmented rice. *Korean J Food Sci Technol* 31:672-677
- Kim OS, Park SS, Sung JM. 2012b. Antioxidant activity and fermentation characteristics of traditional black rice wine. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:1693-1700
- Kim SD, Kim MH, Ham SS. 2000. Preparation and quality of uncooked-colored wine using black rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29:224-230
- Kwon YH, Lee AR, Kim HR, Kim JH, Ahn BH. 2013. Quality properties of *makgeolli* brewed with various rice and koji. *Korean J Food Sci Technol* 45:70-76
- Lee H, Lee TS, Noh BS. 2007. Volatile flavor components in the mashes of *takju* prepared using different yeasts. *Korean J Food Sci Technol* 39:593-599
- Lee H, Park CS, Choi JY. 2010. Quality characteristics of the mash of *takju* prepared using different yeasts. *Korean J Food Sci Technol* 42:56-62
- Lee HS. 2012. Quality characteristics of red yeast rice *makgeolli* brewed with differently added ratio of red yeast rice and different kinds of *nuruk*. Master's Thesis, Myongji Univ. Seoul. Korea
- Lee JS, Lee TS, Park SO, Noh BS. 1996. Flavor components in mash of *takju* prepared by different raw materials. *Korean J Food Sci Technol* 28:316-323
- Lee TS, Choi JY. 2005. Volatile flavor components in mash of *takju* prepared by using *Aspergillus kawachii nuruks*. *Korean J Food Sci Technol* 37:944-950
- Miller GL. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem* 31:426-428
- National Tax Service [NTS]. 2009. Liquor Analysis Regulations. pp.41-42. National Tax Service
- Park H, Park EK, Choi S, Shin H, Kim MJ, Park JM. 2020. Quality characteristics of *cheongsoo* grape wine by freeze concentration fermented with different yeasts. *Korean J Food Nutr* 33:512-523
- Park JY, Ham H, Han SI, Oh SH, Song YC, Cho JH, Hur YJ, Lee YY, Lee BW, Choi YH. 2016. Comparison of antioxidant components and antioxidant activities of colored rice varieties (*Oryza sativa* L.) cultivated in Southern plain. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45:1214-1220
- Ryu JS, Shin JE, Cho MA, Shin JH, Choi HS. 2021. Physicochemical properties of *danyangju* and *iyangju* prepared using uncooked germinated brown rice. *Korean J Food Sci Technol* 53:648-656
- Woo SM, Shin JS, Seong JH, Yeo SH, Choi JH, Kim TY, Jeong YJ. 2010. Quality characteristics of brown rice *takju* by different *nuruks*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:301-307
- Yoon JM, Cho MH, Hahn TR, Paik YS, Yoon HH. 1997. Physicochemical stability of anthocyanins from a Korean pigmented rice variety as natural food colorants. *Korean J Food Sci Technol* 29:211-217

Received 31 July, 2024

Revised 04 September, 2024

Accepted 23 September, 2024