



Research Article

# Quality characteristics of plant-based rice milk prepared with different rice varieties

## 가공용 쌀 품종을 이용한 식물성 쌀 우유의 품질 특성 비교

Gi-Un Seong<sup>1</sup>, Jungsoo Kim<sup>2</sup>, Jiyeon Kim<sup>2</sup>, Sanghyeok Park<sup>2</sup>, Jun-Hyeon Cho<sup>3</sup>, Ji-Yoon Lee<sup>1</sup>, Sais-Beul Lee<sup>1</sup>, Dongjin Shin<sup>1</sup>, Dong-Soo Park<sup>1</sup>, Kwang-Deog Moon<sup>2\*</sup>, Ju-Won Kang<sup>1\*</sup>

성기운<sup>1</sup> · 김정수<sup>2</sup> · 김지윤<sup>2</sup> · 박상혁<sup>2</sup> · 조준현<sup>3</sup> · 이지윤<sup>1</sup> · 이샛별<sup>1</sup> · 신동진<sup>1</sup> · 박동수<sup>1</sup> · 문광덕<sup>2\*</sup> · 강주원<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Southern Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Miryang 50424, Korea

<sup>2</sup>School of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

<sup>3</sup>Sangju Substation, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Sangju 37139, Korea

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립식량과학원 남부작물부, <sup>2</sup>경북대학교 식품공학부, <sup>3</sup>농촌진흥청 국립식량과학원 상주출장소

**Abstract** In recent years, many rice varieties with improved processing quality have been developed to promote domestic rice consumption along with the increasing preference for plant-based food and by-products. This study aimed to assess the quality characteristics of rice milk using a set of rice varieties, including *saeilmi* (normal brown rice, NBR; and normal white rice, NWR), *milyang355* (aromatic brown rice, ABR; and aromatic white rice, AWR) and *milyang365* (pigment brown rice, PBR). Among these, the amylose content ranged from 5.13-23.50%, and the highest crude protein content was recorded in ABR (7.95%). In addition, brown rice showed a higher initial pasting temperature than did white rice; however, its viscosity properties were relatively low. Our data showed that the soluble solid content of rice milk was 6.5-7.7 °Brix, and viscosity ranged from 2.8-4.8 cP. Reducing sugar and free sugar content was high in AWR ( $p < 0.05$ ). AWR had a high  $L^*$  value, while the particle size and normalized turbidity were lower than those of ABR, depending on the degree of milling. Regarding sensory evaluation, ABR was the most preferred and obtained the highest scores for rice flavor, taste, and texture. In summary, the study findings provide strong evidence that ABR presents the best processing qualities and could preferably be used for plant-based rice milk making.

**Keywords** rice milk, plant-based milk, *saeilmi*, aromatic rice, pigment rice



OPEN ACCESS

**Citation:** Seong GU, Kim JS, Kim JY, Park SH, Cho JH, Lee JY, Lee SB, Shin DJ, Park DS, Moon KD, Kang JW. Quality characteristics of plant-based rice milk prepared with different rice varieties. Korean J Food Preserv, 29(3), 395-406 (2022)

**Received:** January 25, 2022

**Revised:** March 24, 2022

**Accepted:** March 25, 2022

**\*Corresponding author**

Kwang-Deog Moon  
 Tel: +82-53-950-5773  
 E-mail: kdmoon@knu.ac.kr

Ju-Won Kang  
 Tel: +82-55-350-1156  
 E-mail: kangjw81@korea.kr

Copyright © 2022 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

쌀(*Oryza sativa* L.)은 세계적으로 중요한 식량자원으로 우리나라를 비롯한 아시아 지역에 서 주식으로 소비되고 있으며, 미국이나 유럽 등에서도 쌀 소비가 증가하고 있다(Oh 등, 2016). 최근에는 식품의 고급화, 다양화 및 1인 가구가 증대되고, 간편하게 섭취할 수 있는

가공용 기능성 식품에 대한 소비자의 관심이 높아짐에 따라, 쌀에서도 식량으로서의 기본 기능 이외에 건강 증진과 밥맛 좋은 쌀을 선호하면서 색깔, 향, 생리활성물질에 대한 관심과 기능성 쌀에 대한 수요가 점차 늘어나고 있다(Cho 등, 2020). 국내에서도 쌀 용도의 다양화를 위해 아랑향찰, 아로미 등의 향미 품종과 조생흑찰, 흑진미, 건강홍미 등의 유색미 품종의 다양한 기능성 쌀, 최고품질 쌀 개발, 가공 적성 품종 개발을 비롯한 다양한 연구가 수행되고 있다(Cho 등, 2017; Cho 등, 2020; Song 등, 2017).

향미는 쌀을 주식으로 하는 많은 나라에서 최근 그 수요가 증가하는 것으로 알려져 있으며, 취반 시 누룽지와 팥콩과 같은 다양한 향을 가지는 고부가 가치의 고급쌀로 알려져 있다(Nam 등, 2016). 향미의 방향성 화합물은 약 200여 종 이상으로 그중 핵심 향기성분으로는 2-acetyl-1-pyrroline(2-AP)으로 알려져 있으며(Routray과 Rayaguru, 2018), 향미를 식품가공용 소재로 활용하기 위해 도정물 및 로스팅 조건에 대한 연구도 보고되고 있다(Lee 등, 2018). 유색미는 흑자색, 적갈색, 녹색 등에 이르는 다양한 천연색소를 함유하고 있는데, 일반적으로 흑자색계 현미에는 안토시아닌계 cyaniding 및 peonidin의 배당체 색소가 다량 함유되어 있으며, 향산화 기능이 높다고 알려져 있다(Park 등, 2016). 이처럼 유색미는 약주(Han 등, 2021), 죽(Kim 등, 2021a), 제과 및 제빵(Joo과 Choi, 2012) 등 다양한 가공 식품 제조에 이용되고 있다.

최근 환경적 문제, 동물 복지, 건강에 대한 관심이 높아지면서 유제품 섭취를 제한하고 식물성 우유 및 그 가공품에 대한 소비가 증가하고 있다(Haas 등, 2019). 식물성 우유의 가공 원료곡으로는 곡류, 두류, 견과류, 씨앗 등을 이용하며, 귀리 우유, 쌀 우유, 아몬드 우유, 캐슈넛 우유, 코코넛 우유, 헤이즐넛 우유, 땅콩 우유, 참깨 우유 및 두유 등이 있다(Aydar 등, 2020; Sethi 등, 2016). 지금까지 쌀을 이용한 가공제품 중 대표적인 쌀 음료는 쌀(뽕쌀)과 엿기름을 주원료로 하여 전분을 당화시켜 만든 우리나라 전통 음료인 식혜가 있으며(Hwang 등, 2020), 최근에는 유산균을 넣어 발효시킨 다음 제조하여 식사대용식이나 건강음료로 다양한 기능성을 갖는 probiotic 음료 등이 있다(Shin 등, 2017). 이렇듯 대부분의 쌀 음료는 백미를 이용하였으나, 미강층에 다량 함유된 gamma-aminobutyric acid(GABA)

를 비롯한 기능성 성분을 활용하기 위해 현미를 이용한 음료(Kittibunchakul 등, 2021) 및 향산화 활성이 높은 유색미(Fernandes 등, 2021)를 이용한 연구도 보고되고 있다. 이렇듯 식물성 대체 우유로서 쌀 우유에 대한 관심과 수요가 증가하고 있지만, 아직까지 소비자들의 니즈에 맞는 음료 개발을 위한 국내에서 육성된 다양한 쌀 품종을 이용한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 일반미(현미와 백미), 향미(현미와 백미) 및 유색미(현미)를 이용하여 원료곡의 이화학적 특성과 식물성 쌀 우유의 품질 특성 및 관능평가를 조사하여 쌀 우유 제조기술 개발을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 실험재료

본 연구에서는 농촌진흥청 국립식량과학원에서 육성된 새일미(*saeilmi*), 향미 밀양355호(*milyang355*) 및 유색미 밀양365호(*milyang365*)를 사용하였다. 원료곡은 경남 밀양시에 소재하는 농촌진흥청 국립식량과학원 남부작물부 시험포장에서 농촌진흥청 2020년 표준재배법에 의하여 생산되었으며, 정조는 임펠라식 현미기(FC2K, Yamamoto, Yamagata, Japan)로 왕겨를 제거하여 현미(brown rice)를 준비하였고, 새일미와 밀양355호의 현미 중 일부를 사용하여 마찰식 정미기(VP-32, Yamamoto, Yamagata, Japan)로 시중 백미와 동일한 12분도로 도정하여 백미(white rice)로 하였다. 현미와 백미는 180 mesh가 내장된 제분기(blade mill, Korea Powder System Co. Ltd., Incheon, Korea)를 이용하여 분쇄 후 실험재료로 사용하였다. 그 외 쌀 우유 제조를 위하여  $\alpha$ -amylase(Termamyl<sup>®</sup> 2X, Novozymes Co., Ltd., Bagsvaerd, Denmark), 쌀겨 오일(F.lli Ruata Spa, Baldissero d'Alba, Italy), 대두 레시틴(ES Food Co., Ltd., Gunpo, Korea), 천일염(CJ Cheiljedang Co., Ltd., Busan, Korea)을 사용하였다.

### 2.2. 쌀 우유 제조

쌀 우유 제조를 위한 원료곡은 새일미 현미(normal brown rice, NBR)와 백미(normal white rice, NWR), 향미 밀양355호 현미(aromatic brown rice, ABR)와 백

미(aromatic white rice, AWR), 유색미 밀양365호 현미(pigment brown rice, PBR)를 이용하였다. 쌀 우유의 재료 배합 비율과 제조 방법은 선행 연구(Lee 등, 2019; Padma 등, 2018)를 참고하였으며, 예비 실험을 통해 수정하였다. 쌀가루 45 g과 정제수 450 g을 섞은 후 colloid mill(JML-65, Capsul CN Int. Co., Ltd., Wenzhou, China)을 이용하여 5분 동안 균질화 및 혼합하였다. 균질화된 슬러리에 쌀가루 함량의 0.01%  $\alpha$ -amylase를 첨가한 뒤 shaking water bath(JSSB-30T, JS Research Inc., Gongju, Korea)를 이용하여 60 rpm, 90°C에서 60분간 반응시켰다. 반응이 끝난 슬러리에 쌀겨오일 4.5 g, 대두레시틴 0.5 g 및 천일염 0.5 g을 배합비에 맞춰 넣은 후, homegenizer(AM-9, Nihoseili Kashima Co, Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 8,000 rpm에서 10분 동안 균질화한 후 shaking water bath를 이용하여 65°C에서 30분간 살균 처리하고, 유리병에 병입하여 4°C에서 보관하면서 분석하였다(Fig. 1).

### 2.3. 원료곡의 품질 특성 분석

#### 2.3.1. 아밀로스 함량 측정

원료곡의 아밀로스 함량 분석은 Juliano(1971)의 비색정량법을 변형하여 측정하였다. 시료 0.1 g에 ethanol 1

mL와 1 N sodium hydroxide 9 mL를 가하여 90°C 건조기에 20분간 넣어 호화시킨 후, 증류수를 넣어 전량이 100 mL가 되도록 하였다. 이 중 5 mL를 취하여 1 N acetic acid 1 mL와 2% I<sub>2</sub>-KI(iodine solution) 2 mL를 가하여 발색시키고, 증류수를 넣어 전량이 100 mL가 되도록 하였다. 이 시액을 30°C 인큐베이터에서 반응시켜 흡광도 620 nm의 파장에서 분광광도계(UV-2700, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 흡광도 값과 아밀로스 함량 간의 검량선의 회귀식으로부터 아밀로스 함량을 산출하였다.

#### 2.3.2. 조단백질 함량 측정

조단백질 함량은 시료 0.6 g을 micro insert ring을 끼운 mini sample cup에 채운 뒤, sample cup backs를 이용하여 시료 내 공극을 없애준 후 실온 조건 가시광선 및 근적외선 대역(400-2,500 nm)에서 근적외선(near-infrared, NIR) 스펙트럼을 측정하였다. 스펙트럼 측정은 NIR spectroscopy(XM-1100 series, FOSS NIR Systems Inc., Laurel, MD, USA)를 이용하였으며, 단백질 함량 계산은 NIRS 예측 모델이 입력된 NIRS 전용프로그램인 ISI scan version 4.5.0(InfraSoft International, Port Matilda, PA, USA)을 사용하였다(Oh 등, 2017; Song 등, 2014).

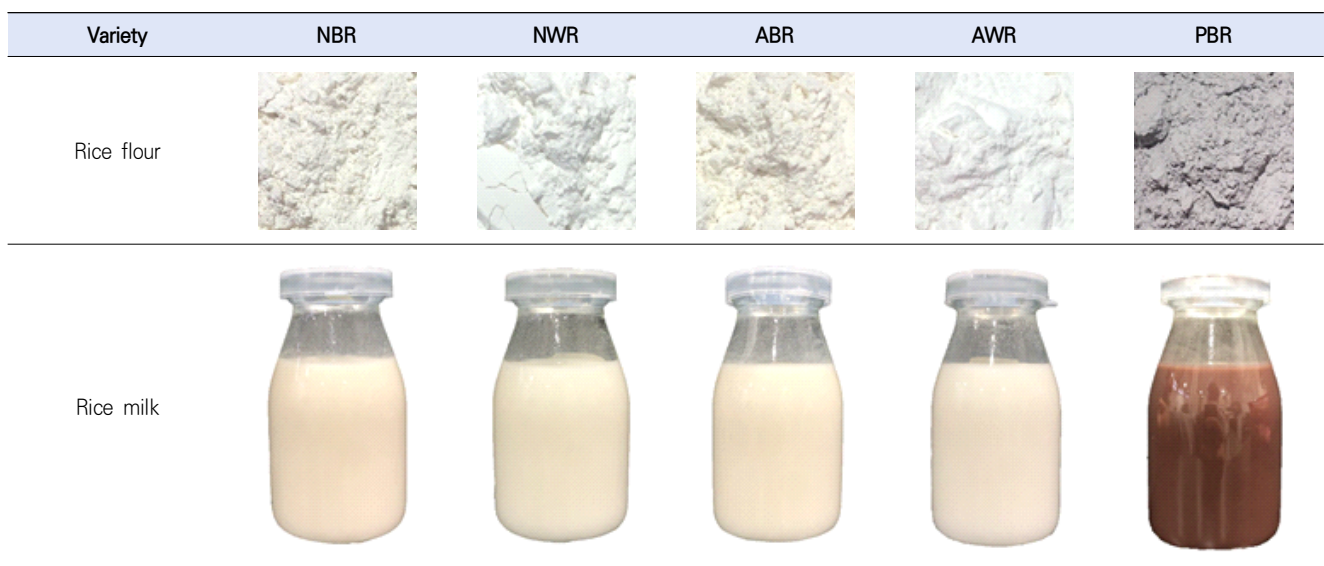


Fig. 1. Visual appearance of rice flour and plant-based rice milk prepared with different rice varieties. NBR, normal brown rice; NWR, normal white rice; ABR, aromatic brown rice; AWR, aromatic white rice; PBR, pigment brown rice.

### 2.3.3. 호화특성 측정

호화특성은 신속점도측정기(rapid viscosity analyzer, RVA-TecMaster, Perten Instruments AB, Hagersten, Sweden)를 이용하여 측정하였다. 시료 3 g(수분함량 12% 기준)을 RVA용 알루미늄 용기에 담고 증류수 25 mL를 가하여, 0-1분은 50℃, 1-4.7분은 95℃까지 상승, 4.7-7.2분은 95℃를 유지, 7.2-11분은 50℃까지 냉각, 11-13분은 50℃를 유지하면서 점도를 측정하였다. 신속점도측정기의 측정치는 호화개시온도(initial pasting temperature), 최고온도 도달시간(peak time), 최고점도(peak viscosity), 최저점도(trough viscosity), 50℃에서 냉각점도(final viscosity)로부터 breakdown과 set back viscosity를 계산하여 비교하였다.

## 2.4. 쌀 우유의 품질 특성 분석

### 2.4.1. pH 및 가용성 고형분 측정

쌀 우유의 pH와 가용성 고형분 함량은 pH 미터(Orion 3 Star, Thermo Electron Co., Waltham, MA, USA)와 굴절당도계(Refractometer, PAL-1, ATAGO Co. Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 각각 측정하였다.

### 2.4.2. 점도 측정

점도는 점도계(DV1M, Brook Field Engineering, MA, USA)를 이용하여 측정하였다. 4℃에서 냉각된 시료 100 mL를 150 mL 비커에 담아 회전속도 50 rpm에서 spindle #62(LV-02)를 사용하여 1분간 작동시킨 후 그 값을 나타내었다.

### 2.4.3. 색도 측정

색도는 표준 백판( $L^*=97.78$ ,  $a^*=-0.39$ ,  $b^*=2.05$ )으로 보정한 색차계(CM-3500d, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 CIELAB값을 측정하였으며, 명도( $L^*$ =lightness), 적색도( $a^*$ =redness) 및 황색도( $b^*$ =yellowness)로 나타내었다.

### 2.4.4. 입도 분석

입도는 레이저 회절 원리를 이용한 입자크기 분석기(Mastersizer 3000, Malvern, Kyoto, Japan)를 이용하여

측정하였다. 측정 영역은 0.1-3,500  $\mu\text{m}$ 의 범위로 시료를 ethanol에 분산시켜 측정하였다.

### 2.4.5. 분산성 측정

분산성은 각 시료를 증류수로 100배 희석한 후 분광광도계(optizenPOP, Mecasys Co., Ltd., Deagu, Korea)를 이용하여 1시간 간격으로 8시간 동안 600 nm에서 흡광도(absorbance, Abs)를 측정하여 그 값을 나타내었다(Kim 등, 2021b).

### 2.4.6. 환원당 함량 측정

환원당 함량은 3,5-dinitrosalicylic acid(DNS) 시약을 사용한 비색 정량법에 따라 측정하였다. 각 시료 0.15 mL에 DNS 시약 0.5 mL를 첨가하여 100℃ 항온수조에서 5분간 반응시킨 후, 증류수 3.5 mL를 가하고, 분광광도계를 이용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 포도당을 표준 물질로 하여 작성한 검량선에 따라 g/100 mL로 나타내었다.

### 2.4.7. 유리당 함량 분석

유리당 함량은 각 시료를 원심분리기(Eppendorf 5804R, Hamburg, Germany)로 원심분리(3,400  $\times g$ , 10 min)한 후, 상등액을 0.2  $\mu\text{m}$  membrane syringe filter로 여과하여 HPLC system(Dionex Ultimate 3000, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)을 이용하여 분석하였다. 분석용 칼럼은 sugar-pack(300 $\times$ 6.5 mm, 10  $\mu\text{m}$ , Waters, Milford, MA, USA)을 사용하였으며, 칼럼 온도는 80℃로 유지하였다. 이동상 용매는 3차 증류수, 유속은 0.5 mL/min, 검출기는 RI detector(Shodex RI-101, Showa Denko, Tokyo, Japan)를 사용하여 분석하였다. 표준품으로는 maltose monohydrate, glucose, fructose 및 galactose를 사용하였고, 시료와 머무름 시간을 비교하여 검량선의 회귀식을 이용해 mg/100 mL로 나타내었다.

## 2.5. 쌀 우유의 관능평가

쌀 우유의 관능평가는 숙련된 20명의 panel을 선정하여 선호도를 조사하였다(Woo 등, 2019). 선호도 조사 방법은 쌀 품질분석을 위한 식미 다중 비교 검사(multiple



comparisons test) 7점 척도법을 참고하여 특성 차이를 검사하였다(Lee, 2013; Yoon 등, 2016). 각 샘플은 무작위 순서로 3자리 숫자를 사용하여 임의로 코딩된 각 숫자를 부여하였으며, 색(color), 향미(flavor), 맛(taste), 후미(after taste), 조직감과 바디감(texture and body), 쌀 향(rice flavor), 전반적 기호도(overall acceptability) 항목을 7점 척도법(7점, 매우 좋음; 5-6점, 좋음; 4점, 보통; 2-3점, 나쁨; 1점, 매우 나쁨)을 사용하여 선호도를 평가하였다. 또한, 쌀 향의 정도는 강할수록 높은 점수를 부여하도록 하였다. 본 연구의 관능평가는 경북대학교 생명윤리심의위원회(Institutional Review Board, IRB)로부터 2021년 9월 승인을 받은 후 진행하였다(승인번호: KNU-2021-0155).

## 2.6. 통계처리

본 실험에 대한 결과 값은 평균과 표준편차(mean±SD)로 나타내었고, Statistical Analysis System(9.4, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 one-way ANOVA 분석을 실시한 후, Duncan's multiple range test로 원료곡에 따른 차이를 검정하였다( $p < 0.05$ ).

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 원료곡의 물리화학적 특성

원료곡의 아밀로스, 조단백질 함량 및 호화특성은 Table 1에 나타내었다. 아밀로스와 조단백질 함량은 쌀의 미질을 결

정하는 중요한 이화학적 특성으로 취반 특성뿐만 아니라, 물리적 특성에도 영향을 준다고 알려져 있다(Son 등, 2002). 국내 육성 벼의 평균 아밀로스 함량은 19.99%, 단백질 함량은 7.23%로 보고되었으며(Oh 등, 2018), 아밀로스 함량은 호화특성 및 가공 적성에 영향을 주는 중요 특성으로 알려져 있다(Shin 등, 2017). 쌀 우유 제조에 사용한 쌀가루의 아밀로스 함량은 5.13-23.50%의 범위로 향미 20.87-23.50%, 일반미 13.15-14.73%, 유색미 5.13%의 순으로 낮게 나타났다( $p < 0.05$ ).

쌀의 조단백질 함량은 5.63-7.95%의 범위로 원료곡별 향미 7.33-7.95%, 유색미 7.45%, 일반미 5.63-6.77%의 순으로 낮게 나타났으며( $p < 0.05$ ), 향미의 조단백질 함량은 국내 육성 품종 벼 유전자원의 평균 단백질 함량 7.23%보다 높게 나타났다. 현미 일반미(NBR; 6.77%)와 향미(ABR; 7.95%)는 백미 일반미(NWR; 5.63%)와 향미(AWR; 7.33%)보다 조단백질 함량이 높게 나타났다( $p < 0.05$ ). 이처럼 현미에는 백미보다 미강층과 호분층 일부가 함유되어 있어 단백질, 지질 및 무기질 함량이 높기 때문으로 사료된다(Shin 등, 2021).

원료곡의 초기호화온도 72.28-74.48°C, 최고점도 77.97-433.36 cP, 최소점도 28.00-279.75 cP, 최종점도 38.11-554.61 cP, 강하점도 49.97-233.36 cP 및 치반점도 10.11-274.86 cP의 범위로 나타났다. 초기호화온도는 원료곡에 따라 그 차이가 크지 않았으나, 도정도에 따라 현미(NBR; 74.48°C, ABR; 74.18°C)가 백미(NWR; 73.93°C, AWR; 72.28°C)보다 높게 나타났다. 아밀로스 함량이 낮은

Table 1. Amylose and crude protein contents and pasting properties of rice flour of different varieties

Variety <sup>1)</sup>	Amylose (%)	Crude protein (%)	Pasting properties					
			Initial pasting temperature (°C)	Peak viscosity (cP <sup>2)</sup> )	Trough viscosity (cP)	Final viscosity (cP)	Breakdown viscosity (cP)	Setback viscosity (cP)
NBR	13.15±0.63 <sup>d3)</sup>	6.77±0.05 <sup>d</sup>	74.48±0.55 <sup>a</sup>	294.14±2.42 <sup>d</sup>	140.33±4.60 <sup>d</sup>	230.14±4.02 <sup>d</sup>	153.81±2.19 <sup>b</sup>	89.80±1.01 <sup>d</sup>
NWR	14.73±0.17 <sup>c</sup>	5.63±0.01 <sup>e</sup>	73.93±0.06 <sup>a</sup>	415.95±2.03 <sup>b</sup>	182.58±2.35 <sup>c</sup>	302.89±2.35 <sup>c</sup>	233.36±0.86 <sup>a</sup>	120.31±0.67 <sup>c</sup>
ABR	20.87±0.49 <sup>b</sup>	7.95±0.07 <sup>a</sup>	74.18±0.45 <sup>a</sup>	318.11±3.07 <sup>c</sup>	216.75±7.19 <sup>b</sup>	402.08±3.05 <sup>b</sup>	101.36±4.12 <sup>c</sup>	185.33±10.21 <sup>b</sup>
AWR	23.50±0.34 <sup>a</sup>	7.33±0.01 <sup>c</sup>	72.28±0.06 <sup>c</sup>	433.36±5.47 <sup>a</sup>	279.75±10.84 <sup>a</sup>	554.61±6.44 <sup>a</sup>	153.61±8.86 <sup>b</sup>	274.86±6.48 <sup>a</sup>
PBR	5.13±0.08 <sup>e</sup>	7.45±0.02 <sup>b</sup>	73.02±0.08 <sup>b</sup>	77.97±0.33 <sup>e</sup>	28.00±0.08 <sup>e</sup>	38.11±0.05 <sup>e</sup>	49.97±0.39 <sup>d</sup>	10.11±0.10 <sup>e</sup>

<sup>1)</sup>NBR, normal brown rice; NWR, normal white rice; ABR, aromatic brown rice; AWR, aromatic white rice; PBR, pigment brown rice.

<sup>2)</sup>cP, centipoise.

<sup>3)</sup>Mean±SD (n=3) within each column followed by different superscript letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

유색미는 호화점도 특성(최고점도, 최소점도, 최종점도, 강하점도, 치반점도)이 다른 원료곡들과 비교하였을 때 모두 낮게 나타났으며( $p < 0.05$ ), 도정도에 따라 현미가 백미보다 호화점도 특성이 모두 낮게 나타났다( $p < 0.05$ ). 이처럼 아밀로스 함량에 따라 원료곡은 호화 및 노화특성 등 많은 차이를 보이는데, 이는 고아밀로스 품종의 전분 입자들은 아밀로스가 낮은 품종보다 밀집된 상태의 입자로 되어 있어 호화 시 팽창에 대한 저항성이 높아졌거나(Choi, 2010), 전분 결정 내 구조보다 긴 체인이나 큰 결정 구조 간의 상호작용으로 인한 것으로 사료된다(Matveev 등, 2001).

### 3.2. 쌀 우유의 pH, 가용성 고형분, 점도, 환원당 및 유리당 함량

쌀 우유의 pH, 가용성 고형분, 점도, 환원당 및 유리당 함량은 Table 2에 나타내었다. pH는 6.38-6.63의 범위로 백미 일반미(NWR)가 6.63으로 가장 높았고, 현미 일반미(NBR) 6.56, 현미 향미(ABR) 6.50, 백미 향미(AWR) 6.39, 유색미(PBR) 6.38의 순으로 낮게 나타났다. Aydar 등(2020)의 연구에 따르면 쌀 우유의 pH는 5.2-6.1의 범위로 보고하였으며, 본 연구에서 제조한 쌀 우유도 미산성을 나타내었다. pH는 식품 내 미생물 발생과 연관된 중요한 요소로 알려져 있으며, 산성도가 낮은 식품( $< 4.5$ )은 곰팡이, 효모 외에 병원성 미생물 발생에 더 취약하며(Rincon 등, 2020), pH가 5보다 낮을 경우 식물성 우유의 단백질 용해도가 떨어진다고 알려져 있다(Pineli 등, 2015).

가용성 고형분 함량은 현미 향미(ABR)가 6.5 °Brix로 가

장 낮게 나타났으나, 그 외 원료곡별 쌀 우유의 가용성 고형분 함량은 7.5-7.7 °Brix의 범위로 높게 나타났다( $p < 0.05$ ). 점도는 유체의 끈끈한 정도를 물리적인 값으로 표현한 것으로, 현미를 이용하여 제조한 쌀 우유(4.6-4.8 cP)의 점도는 백미를 이용하여 제조한 쌀 우유(2.8-3.0 cP)보다 점도가 높게 나타났다( $p < 0.05$ ). 또한, Shin 등(2017)의 연구에 따르면 아밀로스 함량이 높은 쌀을 이용하여 음료를 제조하였을 때 음료의 점도가 높게 나타났다고 보고하였으며, 본 연구의 결과도 유사한 결과를 보여 주었다. 이는 아밀로스 함량이 높으면 전분 과립들이 용액 상태에서 팽윤되어 유변학적 특성에 영향을 주었기 때문으로 사료된다(Barrera 등, 2013). 일반적으로 시중에 판매되는 흰 우유의 점도는 2-5 cP로, 백미를 이용한 쌀 우유의 점도와 유사하여 쌀 우유 섭취 시 그 차이가 작을 것으로 추측된다(Tran 등, 2018). Choi 등(2015)의 연구에 따르면 국내 흰 우유의 평균 점도는 4.39 cP로, 혼합곡을 첨가하여 선식 음료를 제조하였을 때 점도는 5.97-7.28 cP의 범위로 높은 점도로 인해 관능 선호도가 떨어지는 단점이 있었으나, 본 연구의 백미 쌀 우유를 이용하여 선식 음료를 제조한다면 더 낮은 점도로 관능 선호도가 높은 음료 제조가 가능할 것으로 사료된다. 또한, Rincon 등(2020)의 보고에 따르면 병아리콩과 퀴노아 혼합곡을 이용하여 식물성 우유를 제조하였을 때, 가용성 고형분 함량이 1.8-3.9 °Brix의 범위를 나타낸 것과 비교하였을 때 본 연구를 통해 제조된 식물성 우유는 가용성 고형분 함량이 많을 뿐만 아니라 점성이 낮아 음료로서 기호성이 높을 것으로 기대된다.

**Table 2.** pH, soluble solid content, viscosity, reducing sugar, and free sugar content of plant-based rice milk prepared with different rice varieties

Variety <sup>1)</sup>	pH	Soluble solid content (°Brix)	Viscosity (cP <sup>2)</sup> )	Reducing sugar (g/100 mL)	Free sugar content (mg/100 mL)		
					Maltose	Glucose	Total
NBR	6.56±0.02 <sup>d3)</sup>	7.5±0.1 <sup>a</sup>	4.6±0.3 <sup>a</sup>	2.19±0.25 <sup>c</sup>	181.1±9.6 <sup>b</sup>	152.1±20.9 <sup>bc</sup>	333.2±30.4 <sup>c</sup>
NWR	6.63±0.02 <sup>a</sup>	7.5±0.1 <sup>a</sup>	2.8±0.3 <sup>b</sup>	2.38±0.07 <sup>bc</sup>	227.5±13.5 <sup>a</sup>	170.4±14.8 <sup>b</sup>	397.8±28.3 <sup>b</sup>
ABR	6.50±0.01 <sup>c</sup>	6.5±0.1 <sup>b</sup>	4.8±0.0 <sup>a</sup>	2.19±0.11 <sup>c</sup>	186.0±13.5 <sup>b</sup>	250.7±13.8 <sup>a</sup>	436.8±22.9 <sup>b</sup>
AWR	6.39±0.03 <sup>d</sup>	7.7±0.1 <sup>a</sup>	3.0±0.0 <sup>b</sup>	2.69±0.23 <sup>b</sup>	235.1±10.1 <sup>a</sup>	269.6±13.9 <sup>a</sup>	504.7±23.9 <sup>a</sup>
PBR	6.38±0.02 <sup>d</sup>	7.6±0.0 <sup>a</sup>	4.6±0.3 <sup>a</sup>	3.47±0.26 <sup>a</sup>	152.5±8.6 <sup>c</sup>	126.1±21.4 <sup>c</sup>	278.6±30.0 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup>NBR, normal brown rice; NWR, normal white rice; ABR, aromatic brown rice; AWR, aromatic white rice; PBR, pigment brown rice.

<sup>2)</sup>cP, centipoise.

<sup>3)</sup>Mean±SD (n=3) within each column followed by different superscript letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

환원당 함량은 2.19-3.47 g/100 mL의 범위로 유색미가 3.47 g/100 mL로 가장 높게 나타났다( $p < 0.05$ ). 일반미와 향미의 환원당 함량은 현미일 때 2.19 g/100 mL를 나타냈으나, 백미일 때 일반미 2.38 g/100 mL 및 향미 2.69 g/100 mL로 그 함량이 현미를 이용하여 제조하였을 때보다 높게 나타났다( $p < 0.05$ ). 이는 백미를 이용하여 제조한 쌀 우유가 환원력을 가진 당인 free carbonyl group 등의 함량이 높았던 것으로 사료되며, 현미와 백미를 구분하여 막걸리를 제조하였을 때도 초기 환원당 함량의 차이를 확인할 수 있었다(Seong 등, 2021). 쌀 우유의 유리당 함량은 maltose, glucose, fructose 및 galactose의 함량을 분석하였으며, 모든 쌀 우유에서 maltose와 glucose가 검출되었고, maltose와 glucose의 함량은 각각 181.1-235.1 mg/100 mL와 126.1-269.6 mg/100 mL의 범위를 나타내었다. 총유리당 함량은 향미의 현미와 백미가 각각 436.8 mg/100 mL와 504.7 g/100 mL로 일반미 현미 333.22 g/100 mL와 백미 397.8 g/100 mL보다 높게 나타났다( $p < 0.05$ ). 도정도에 따라서 총유리당 함량은 백미가 현미보다 그 함량이 높게 나타났으며( $p < 0.05$ ), 환원당 함량과 유사한 경향을 나타내었다.

### 3.3. 쌀 우유의 색도, 입도 및 분산성

쌀 우유의 색도  $L^*$ 값(lightness),  $a^*$ 값(redness),  $b^*$ 값(yellowness)을 측정된 결과는 Table 3에 나타내었다. 쌀 우유의 색도 특성은 명도  $L^*$ 값 0.01-39.69,  $a^*$ 값 0.03-5.32 및  $b^*$ 값 0.00-28.30의 범위로 나타났다. 일반미 현미

와 백미의  $L^*$ 값은 각각 27.00 및 36.69,  $a^*$ 값은 5.00 및 0.31,  $b^*$ 값은 28.04 및 15.22를 나타냈으며, 향미 현미와 백미의  $L^*$ 값은 27.42 및 36.33,  $a^*$ 값은 5.32 및 0.24,  $b^*$ 값은 28.30 및 16.15를 보였다. 이처럼 도정도에 따라 백미는 현미보다 명도  $L^*$ 값은 높게 나타났으나( $p < 0.05$ ), 적색도  $a^*$ 값과 황색도  $b^*$ 값은 현미가 백미보다 높게 나타났다( $p < 0.05$ ). 일반적으로 도정도는 현미의 도정 과정 중 미강의 제거 정도를 나타내는 척도로, 쌀 가공제품들도 도정도가 높을수록  $L^*$ 값은 증가하고  $a^*$ 값 및  $b^*$ 값은 감소하는 것으로 나타났으며, 본 연구의 결과와 유사하였다(Lee 등, 2016).

쌀 우유의 입도를 측정된 결과는 Table 4에 나타내었다. 입도 크기는 입자 표면적의 평균 직경( $D[3, 2]$ ), 입자 체적의 평균 직경( $D[4, 3]$ ), 시료 부피의 10%, 50%, 90%에 해당하는 입자크기를  $Dv_{10}$ ,  $Dv_{50}$ ,  $Dv_{90}$ 으로 나타냈다. 입자 표면적의 평균 직경과 체적 평균 직경은 각각 6.4-12.7  $\mu\text{m}$  및 21.9-24.8  $\mu\text{m}$ 의 범위로 나타났으며, 백미가 현미보다 입자 표면적의 평균 직경이 작게 나타났다( $p < 0.05$ ). 입자의 평균 직경( $d_{v50}$ )은 13.3-19.3  $\mu\text{m}$ 의 범위로, 유색미는 평균 직경이 13.3  $\mu\text{m}$ 로 가장 낮게 나타났다( $p < 0.05$ ). Lee와 Ha(2015)에 따르면 국내 초다수성 품종인 백미를 습식 및 건식 제분하였을 때 평균 직경이 각각 습식 제분 40.08-45.24  $\mu\text{m}$  및 건식 제분 51.57-54.20  $\mu\text{m}$ 로 쌀 우유 입자들의 평균 직경과 비교하였을 때 쌀 우유의 입자 크기가 작은 것으로 나타났다. 이는 쌀 우유 제조 시 쌀가루를 콜로이드 밀을 이용하여 가공함으로써 쌀가루 입자의 미립화 및 균질화가 되었기 때문으로 사료되며, 이러한 가공과정은 두유와 땅콩 등을 이용하여 식물성 우유를 만들 때도 사용된다(Sethi 등, 2016). 입자들의 분포 폭(span)은 2.1-4.7의 범위로, 일반미 현미(NBR)는 2.1로 이 중 가장 균질화가 잘 되어 입자들이 균일한 크기를 나타낸 것으로 보이며, 현미(NBR; 2.1, ABR; 2.3)가 백미(NWR; 3.1, AWR; 2.6)보다 작게 나타나 균질화가 잘된 것으로 사료된다. Han 등(2012)의 보고에 따르면 습식 분쇄된 쌀가루의 입도분포곡선은 쌍봉 형태의 결과를 나타냈으나, 건식 분쇄된 쌀가루는 단봉형을 나타낸다고 하였으며, 본 연구에서 식물성 우유 제조 시 사용된 쌀가루는 건식 분쇄된 것으로 단봉형의 결과를 나타내 동일한 결과를 보였다.

쌀 우유의 분산성을 측정된 결과는 Fig. 2에 나타내었다.

**Table 3.** Color value of plant-based rice milk prepared with different rice varieties

Variety <sup>1)</sup>	Lightness	Redness	Yellowness
NBR	27.00±2.49 <sup>2d)</sup>	5.00±1.32 <sup>a</sup>	28.04±1.32 <sup>a</sup>
NWR	39.69±2.39 <sup>a</sup>	0.31±0.08 <sup>b</sup>	15.22±1.73 <sup>c</sup>
ABR	27.42±0.41 <sup>c</sup>	5.32±0.16 <sup>a</sup>	28.30±0.17 <sup>a</sup>
AWR	36.33±0.14 <sup>b</sup>	0.24±0.02 <sup>b</sup>	16.15±0.08 <sup>b</sup>
PBR	0.01±0.01 <sup>d</sup>	0.03±0.04 <sup>b</sup>	0.00±0.03 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup>NBR, normal brown rice; NWR, normal white rice; ABR, aromatic brown rice; AWR, aromatic white rice; PBR, pigment brown rice.  
<sup>2)</sup>Mean±SD (n=3) within each column followed by different superscript letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

**Table 4.** Particle size distribution of plant-based rice milk prepared with different rice varieties

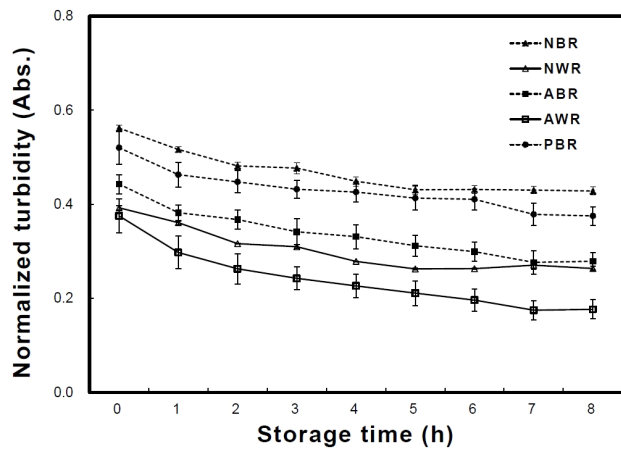
Variety <sup>1)</sup>	Particle size <sup>2)</sup> (μm)					Span <sup>3)</sup>
	D[3, 2]	D[4, 3]	Dv10	Dv50	Dv90	
NBR	12.7±0.0 <sup>3d)</sup>	23.4±0.0 <sup>d)</sup>	5.9±0.0 <sup>a)</sup>	19.3±0.0 <sup>a)</sup>	46.6±0.1 <sup>e)</sup>	2.1±0.0 <sup>e)</sup>
NWR	8.0±0.0 <sup>d)</sup>	21.9±0.1 <sup>e)</sup>	4.0±0.1 <sup>d)</sup>	15.3±0.1 <sup>c)</sup>	50.8±0.2 <sup>c)</sup>	3.1±0.0 <sup>b)</sup>
ABR	10.0±0.0 <sup>b)</sup>	23.5±0.0 <sup>c)</sup>	4.9±0.0 <sup>b)</sup>	19.0±0.0 <sup>b)</sup>	48.8±0.1 <sup>d)</sup>	2.3±0.0 <sup>d)</sup>
AWR	9.1±0.0 <sup>c)</sup>	24.8±0.1 <sup>a)</sup>	4.3±0.1 <sup>c)</sup>	19.3±0.1 <sup>a)</sup>	54.3±0.3 <sup>b)</sup>	2.6±0.0 <sup>c)</sup>
PBR	6.4±0.0 <sup>e)</sup>	24.0±0.0 <sup>b)</sup>	3.1±0.1 <sup>e)</sup>	13.3±0.2 <sup>d)</sup>	65.5±0.3 <sup>a)</sup>	4.7±0.1 <sup>a)</sup>

<sup>1)</sup>NBR, normal brown rice; NWR, normal white rice; ABR, aromatic brown rice; AWR, aromatic white rice; PBR, pigment brown rice.

<sup>2)</sup>D[3, 2], surface area moment mean; D[4, 3], volume moment mean; Dv10, Dv50, and Dv90, the measured diameters below which 10%, 50%, and 90% of the particle population lies, on the basis of volume.

<sup>3)</sup>Defines the width of the particle size distribution and is equal to (Dv90 - Dv10) / Dv50.

<sup>4)</sup>Mean±SD (n=3) within each column followed by different superscript letters are significantly different (p<0.05).



**Fig. 2.** Normalized turbidity of plant-based rice milk prepared with different rice varieties. NBR, normal brown rice; NWR, normal white rice; ABR, aromatic brown rice; AWR, aromatic white rice; PBR, pigment brown rice.

분산성은 오랫동안 침전 또는 부유 없이 수중에 균일하게 분산되는 특성으로, 분산도가 높을수록 시간에 따른 혼탁도 변화가 적다(Park 등, 2018). 쌀 우유의 초기 분산성을 측정한 결과, 0.38-0.56의 범위로 현미를 백미보다 높게 나타났으며, 8시간 동안 분산 시 모든 시료에서 대략 0.15 정도 분산성이 감소하였다. Kim 등(2012b)에 따르면 분산성이 낮은 경우, 시간이 지남에 따라 분말이 침강하여 용액의 층이 분리된다고 하였다. 본 연구의 쌀 우유 가공품도 시간이 지남에 따라 층 분리가 생길 수 있을 것으로 보이며, 백미가 현미보다 일정 시간이 경과하였을 때 분말이 가라앉아 층 분리가 쉽게 나타날 수 있으므로 제품화 과정에서 이를

유의해야 할 것으로 사료된다.

### 3.4. 쌀 우유의 관능평가

쌀 우유의 관능평가 결과는 Table 5에 나타냈으며, 원료 곡별 쌀 우유는 각각의 평가 항목에 따라, 색은 3.3-5.5, 향미는 3.5-5.4, 맛은 2.8-5.3, 후미는 2.9-4.9, 조직감과 바디감은 3.9-4.8, 쌀 향은 4.1-5.7, 전반적 기호도는 3.2-5.3의 범위로 나타났다. 쌀 우유의 관능검사 결과, 맛과 전반적인 기호도 항목은 F-value값이 각각 6.78 및 6.36으로 다른 항목보다 높게 나타나, 원료곡별 쌀 우유에 대한 패널들의 평가가 다양한 것으로 나타났으며, 조직감과 바디감은 F-value값이 1.25로 원료곡에 따라 차이가 적은 것으로 나타났다. 도정도에 따라 현미를 이용하여 쌀 우유를 제조하였을 때 관능평가 결과, 조직감과 바디감 및 쌀 향 선호도가 높은 것으로 나타났으며, 백미는 색과 후미에 대한 선호도가 높은 것으로 나타났다. 또한, Abou-Dobara 등(2016)의 보고에 따르면 관능 평가에서 높은 점수를 획득한 우유는 L\*값이 높은 제품으로서, 본 연구에서도 백미를 이용하여 제조한 쌀 우유의 L\*값이 높아 유사한 경향을 확인할 수 있었다. 유색미를 이용하여 쌀 우유를 제조하였을 때는 조직감과 바디감을 제외한 나머지 평가 항목에서 모두 낮은 선호도를 나타냈으나, 향미 품종의 현미를 이용하여 제조한 쌀 우유는 향미, 맛, 조직감과 바디감, 쌀 향 및 전반적 기호도 점수가 모두 높게 나타났다(p<0.05). 이는 쌀 우유는 맛뿐만 아니라, 쌀 향이 소비자로부터 높은 선호도를



**Table 5.** Sensory properties of plant-based rice milk prepared with different rice varieties

Variety <sup>1)</sup>	Color	Flavor	Taste	After taste	Texture and body	Rice flavor	Overall acceptability
NBR	4.8±1.4 <sup>a2)</sup>	4.5±1.2 <sup>ab</sup>	3.9±1.3 <sup>b</sup>	4.0±1.4 <sup>a</sup>	4.2±0.9 <sup>a</sup>	4.9±1.3 <sup>ab</sup>	4.2±1.4 <sup>b</sup>
NWR	5.2±1.6 <sup>a</sup>	4.6±1.1 <sup>a</sup>	4.3±1.5 <sup>b</sup>	4.9±1.4 <sup>a</sup>	3.9±1.5 <sup>a</sup>	4.3±1.0 <sup>b</sup>	4.7±1.5 <sup>ab</sup>
ABR	4.9±1.6 <sup>a</sup>	5.4±1.7 <sup>a</sup>	5.3±1.2 <sup>a</sup>	4.4±1.0 <sup>a</sup>	4.8±0.7 <sup>a</sup>	5.7±1.4 <sup>a</sup>	5.3±1.2 <sup>a</sup>
AWR	5.5±1.5 <sup>a</sup>	5.1±1.6 <sup>a</sup>	4.6±1.5 <sup>ab</sup>	4.7±1.7 <sup>a</sup>	4.6±1.5 <sup>a</sup>	5.1±1.5 <sup>ab</sup>	4.9±1.1 <sup>ab</sup>
PBR	3.3±1.6 <sup>b</sup>	3.5±1.2 <sup>b</sup>	2.8±1.4 <sup>c</sup>	2.9±0.5 <sup>b</sup>	4.1±1.0 <sup>a</sup>	4.1±1.8 <sup>b</sup>	3.2±1.1 <sup>c</sup>
F-value	4.71 <sup>**3)</sup>	4.06 <sup>**</sup>	6.78 <sup>***</sup>	3.00 <sup>*</sup>	1.25	3.12 <sup>*</sup>	6.36 <sup>***</sup>

Sensory scores were assessed on 7 point scale where 1=extremely weak or dislike, 7=extremely strong or like.

<sup>1)</sup>NBR, normal brown rice; NWR, normal white rice; ABR, aromatic brown rice; AWR, aromatic white rice; PBR, pigment brown rice.

<sup>2)</sup>Mean±SD (n=3) within each column followed by different superscript letters are significantly different (p<0.05).

<sup>3)</sup>p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001.

보이는 것으로 생각된다.

#### 4. 요약

본 연구에서는 식물성 우유에 대한 선호도가 높아짐에 따라 국내 쌀 소비 촉진 및 활용을 위해 가공 품질이 우수한 쌀을 이용하여 식물성 쌀 우유를 제조하였으며, 가공 원료곡 및 쌀 우유의 품질 특성 분석 및 관능 평가를 조사하였다. 가공 원료곡으로는 일반미(*saeilmi*), 향미(*milyang355*), 유색미(*Milyang365*)를 이용하였고, 도정도에 따라 현미와 백미를 구분하여 쌀 우유 제조과정에 따라 콜로이드 밀을 이용하여 쌀 우유를 제조하였다. 가공 원료곡의 물리화학적 특성으로 아밀로스, 조단백질 함량 및 호화특성을 분석하였다. 아밀로스 함량은 5.13-23.50%의 범위로 나타났고, 조단백질 함량은 가공 원료곡 중 향미가 높았으며, 도정도에 따라서는 현미가 높게 나타났다. 호화특성 중 초기호화온도는 현미가 백미보다 높게 나타났으나, 호화점도 특성은 현미가 낮게 나타났다. 쌀 우유의 품질 특성 중 pH는 6.38-6.63, 가용성 고형분은 6.5-7.7 °Brix, 점도는 2.8-4.8 cP의 범위로 나타났고, 식물성 우유로서 가용성 고형분 함량이 많을 뿐만 아니라, 점성은 낮아 음료로서 기호성이 높을 것으로 사료된다. 환원당과 총유리당 함량은 가공 원료곡 중 향미가 높게 나타났으며, 도정도에 따라 백미가 높게 나타났다. 색도 특성은 도정도에 따라 백미가 높게 나타났으나, 입도 크기 및 분산성은 현미가 높게 나타났다. 따라서 백미를 이용하여 제조한 쌀 우유는 현미보다 층 분리가 쉽

게 나타날 수 있을 것으로 보인다. 관능평가 결과, 가공 원료곡 중 향미 품종의 현미를 이용하여 제조한 쌀 우유의 향미, 맛, 조직감과 바디감, 쌀 향 및 전반적 기호도 점수 항목이 모두 높게 나타나, 쌀 우유의 기호성이 맛뿐만 아니라, 쌀 향도 높은 선호도를 보이는 것으로 나타났다. 따라서 향미는 식물성 쌀 우유 제품개발에 관능적 특성과 음료 가공 적성이 우수하여 유용한 원료로 활용이 기대된다.

#### Acknowledgements

This manuscript was supported by Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. PJ016030012022) of the Rural Development Administration, Korea.

#### Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interest.

#### Author contributions

Conceptualization: Seong GU, Cho JH. Formal analysis: Seong GU, Kim JS, Kim JY, Park SH. Writing - original draft: Seong GU, Kim JS. Writing - review & editing: Lee JY, Lee SB, Shin DJ, Park DS, Moon KD, Kang JW.

#### Ethics approval

This manuscript was reviewed and approved by the

KNU Institutional Review Board (KNU-2021-0155), and informed consent was obtained from subjects prior to their participation in the study.

## ORCID

Gi-Un Seong (First author)

<https://orcid.org/0000-0002-8812-9671>

Jungsoo Kim

<https://orcid.org/0000-0002-2952-1067>

Jiyeon Kim

<https://orcid.org/0000-0002-7995-360X>

Sanghyeok Park

<https://orcid.org/0000-0002-3362-5272>

Jun-Hyeon Cho

<https://orcid.org/0000-0002-4238-7341>

Ji-Yoon Lee

<https://orcid.org/0000-0001-6595-9798>

Sais-Beul Lee

<https://orcid.org/0000-0001-6628-215X>

Dongjin Shin

<https://orcid.org/0000-0002-2874-0575>

Dong-Soo Park

<https://orcid.org/0000-0002-3386-5719>

Kwang-Deog Moon (Corresponding author)

<https://orcid.org/0000-0001-5277-3345>

Ju-Won Kang (Corresponding author)

<https://orcid.org/0000-0001-7651-1307>

## References

- About-Dobara MI, Ismail MM, Refaat NM. Chemical composition, sensory evaluation and starter activity in cow, soy, peanut and rice milk. *J Nutri Health Food Eng*, 5, 1-8 (2016)
- Aydar EF, Tutuncu S, Ozcelik B. Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects. *J Funct Food*, 70, 103975 (2020)
- Barrera GN, Bustos MC, Iturriaga L, Flores SK, Leon AE, Ribotta PD. Effect of damaged starch on the rheological properties of wheat starch suspensions. *J Food Eng*, 116, 233-239 (2013)
- Cho JH, Song YC, Lee KS, Choi SW, Lee MJ, Jang KC, Kim HY, Kang HJ, Park KD, Seo WD. Physicochemical characteristics of cultivated aromatic rice germplasm and comparative analysis of flavor components during transplanting time. *Korean J Environ Agric*, 36, 175-183 (2017)
- Cho YC, Baek MK, Park HS, Cho JH, Ahn EK, Suh JP, Jeung JU, Lee JH, Won YJ, Song YC, Jeong EG, Kim BK, Lee JH. History and results of rice breeding in Korea. *Korean J Breed Sci*, 52, 58-72 (2020)
- Choi ID. Physicochemical properties of rice cultivars with different amylose contents. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 39, 1313-1319 (2010)
- Choi SR, Shin J, Kim SH, Kim JH, Yang JY. Manufacturing Sunsik smoothie with lactic acid bacteria and germinated grain enzyme and its characteristics. *J Life Sci*, 25, 206-213 (2015)
- Fernandesa CG, Sonawaneb SK, Arya SS. Cereal based functional beverages: A review. *J Microbiol Biotechnol Food Sci*, 8, 914-919 (2021)
- Haas R, Schnepfs A, Pichler A, Meixner O. Cow milk versus plant-based milk substitutes: A comparison of product image and motivational structure of consumption. *Sustainability*, 11, 5046 (2019)
- Han HB, Lee HW, Kim BS, Kim CM, Woo HG, Jeong JH, Kim SM, Huh CK. Quality and antioxidant characteristics of 'Yakju' prepared with pigmented rice flour 'Nuruk'. *Korean J Food Preserv*, 28, 240-251 (2021)
- Han HM, Cho JH, Koh BK. Effect of grinding method on flour quality in different rice cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 41, 1596-1602 (2012)
- Hwang ES, Shon EM, Lee S. Quality characteristics and antioxidant activity of Sikhye according to

- rice type. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 49, 592-600 (2020)
- Joo SY, Choi HY. Antioxidant activity and quality characteristics of black rice bran cookies. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 41, 182-191 (2012)
- Juliano BO. A simplified assay for milled rice amylose. *Cereal Sci Today*, 16, 334-360 (1971)
- Kim HJ, Park HY, Kim MY, Lee JY, Lee JH, Lee JY, Lee YY, Lee BW, Kim M, Lee B. Physicochemical characteristics of brown rice porridge added with colored rice cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 50, 279-284 (2021a)
- Kim J, Choi JY, Kim J, Jeong S, Lee SH, Oh Y, Moon KD. Effect of anticaking agents on caking and quality characteristics of garlic cream powder sauce. *Korean J Food Preserv*, 28, 181-189 (2021b)
- Kittibunchakul S, Yuthaworawit N, Whanmek K, Suttisansanee U, Santivarangkna C. Health beneficial properties of a novel plant-based probiotic drink produced by fermentation of brown rice milk with GABA-producing *Lactobacillus pentosus* isolated from Thai pickled weed. *J Funct Food*, 86, 104710 (2021)
- Lee DH, Park HM, Cho JH, Seo WD, Hong JH, Youn KS. Physicochemical properties of aromatic rice prepared using different milling recoveries and roasting procedures. *Korean J Food Preserv*, 25, 289-295 (2018)
- Lee LS, Kim CH, Choi EJ, Sung JM, Choi HW, Choi YS, Kum JS, Park JD. Effect of degree of milling on physicochemical properties of rice flour and rice noodles. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 45, 1762-1768 (2016)
- Lee NY, Ha KY. Physicochemical characteristics of super-yield Korean rice cultivar depending on milling condition. *Korean J Food Nutr*, 28, 1065-1070 (2015)
- Lee SJ. Application of sensory evaluations in alcoholic beverages. *Food Sci Ind*, 46, 11-19 (2013)
- Lee Y, Dias-Morse PN, Meullenet J-F. Effect of rice variety and milling fraction on the starch gelatinization and rheological properties of rice milk. *Food Sci Technol*, 39, 1047-1051 (2019)
- Matveev YI, van Soest JGG, Nieman C, Wasserman LA, Protserov VA, Ezernitskaja M, Yuryev VP. The relationship between thermodynamic and structural properties of low and high amylose maize starches. *Carbohydr Polym*, 44, 151-160 (2001)
- Nam S, Kwon YR, Cho JH, Seo WD, Choi SW, Youn KS. Effect of roasting conditions on aromatic compounds and physicochemical characteristics of germinated aromatic rice (*Oryza sativa* L.-Miryang 302) tea. *Korean J Food Preserv*, 23, 673-679 (2016)
- Oh S, Chae B, Lee MC, Choi YM, Lee S, Ko HC, Rauf M, Hyun DY. Statistical treatment on amylose and protein contents in rice variety germplasm based on the data obtained from analysis of near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS). *Korean J Plant Res*, 31, 498-514 (2018)
- Oh S, Lee MC, Choi YM, Lee S, Oh M, Ali A, Chae B, Hyun DY. Development of near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) model for amylose and crude protein contents analysis in rice germplasm. *Korean J Plant Res*, 30, 38-49 (2017)
- Oh SW, Lee SM, Park SY, Lee SY, Lee WH, Cho HS, Yeo YS. Rice biotechnology and current development. *J Korean Soc Int Agric*, 28, 24-36 (2016)
- Padma M, Jagannadarao P, Edukondalu L, Ravibabu G, Aparna K. Physico-chemical analysis of milk prepared from broken rice. *Int J Curr Microbiol Appl Sci*, 7, 426-428 (2018)
- Park JJ, Park DH, Lee JJ, Lee SY, Olawuyi IF, Lee WY. Absorption characteristics of black elephant garlic powder containing maltodextrin. *Korean J Food Preserv*, 25, 535-542 (2018)
- Park JY, Ham H, Han SI, Oh SH, Song YC, Cho JH, Hur Yj, Lee YY, Lee BW, Choi YH. 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 (2016)
- Pineli LdLd O, Botelho RB, Zandonadi RP, Solorzano JL, de Oliveira GT, Reis CEG, Teixeira DDS. Low glycemic index and increased protein content in a novel quinoa milk. *LWT-Food Sci Technol*, 63, 1261-1267 (2015)
- Rincon L, Braz Assuncao Botelho R, de Alencar ER. Development of novel plant-based milk based on chickpea and coconut. *LWT-Food Sci Technol*, 128, 109479 (2020)
- Routray W, Rayaguru K. 2-Acetyl-1-pyrroline: A key aroma component of aromatic rice and other food products. *Food Rev Int*, 34, 539-565 (2018)
- Seong GU, Kang JW, Cho SM, Lee SB, Cho JH, Park DS, Kwon YH, Lee SM, Lee JY. Comparison of quality characteristics of 'Makgeolli' made using brown and white rice of 'Mirchal'. *Korean J Food Preserv*, 28, 790-798 (2021)
- Sethi S, Tyagi SK, Anurag RK. Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: A review. *J Food Sci Technol*, 53, 3408-3423 (2016)
- Shin DS, Sim EY, Lee SK, Choi HS, Park JY, Woo KS, Kim HJ, Cho DH, Oh SK, Han SI, Park HY. Comparison of quality properties of rice cultivars for beverage processing. *Korean J Food Nutr*, 30, 1260-1267 (2017)
- Shin M, Baek M, No J, Mun S. Effect of different degrees of milling on the protein composition in brown rice brans. *J Food Meas Charact*, 16, 214-221 (2022)
- Son JR, Kim JH, Lee JI, Youn YH, Kim JK, Hwang HG, Moon HP. Trend and further research of rice quality evaluation. *Korean J Crop Sci*, 47, 33-54 (2002)
- Song LS, Kim YH, Kim GP, Ahn KG, Hwang YS, Kang IK, Yoon SW, Lee J, Shin KY, Lee WY, Cho YS, Choung MG. Quantitative analysis of carbohydrate, protein, and oil contents of Korean foods using near-infrared reflectance spectroscopy. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 43, 425-430 (2014)
- Song YC, Cho JH, Lee JY, Lee JH, Oh SH, Han SI, Jung KH, Seo WD, Hwang WH, Jang KC, Park NB, Park DS, Kim SY, Kang HW, Lee HD. Antioxidant functional and red pericarp rice 'Geonganghongmi'. *Korean J Breed Sci*, 49, 23-30 (2017)
- Tran M, Roberts R, Felix TL, Harte FM. Effect of high-pressure-jet processing on the viscosity and foaming properties of pasteurized whole milk. *J Dairy Sci*, 101, 3887-3899 (2018)
- Woo J, Lee H, Choi JY, Moon KD. Quality characteristics of tea of *Tenebrio molitor* larvae according to manufacturing methods. *Korean J Food Preserv*, 26, 179-184 (2019)
- Yoon MR, Kwak J, Lee JH, Chun J, Park HM, Suh JP, Jang JK, Lee CK, Lee JS. Comparison of the sensory ability of experts and untrained panelists to evaluate cooked rice by using five sensory methods. *Korean J Crop Sci*, 61, 92-97 (2016)