Food Sci. Preserv., 33(5), 972-984 (2026)
pISSN: 3022-5477, eISSN: 3022-5485

Food Science and Preservation
https://doi.org/10.11002/fsp.2026.33.5.972

Research Article

Quality characteristics of *Shine Muscat* wine and distilled spirit using *jocheong*

조청 활용 샤인머스캣 와인 및 증류주의 품질 특성

Jun-Hwan Bae[1†], Jun-Su Choi[1,2†], Su-Hyun Lee[1], Heewon Kim[1], Hyein Ha[1], Hyun Mo Jung[3], Myung Hee Lee[3], Sae-Byuk Lee[1,2*]

배준환[1‡] · 최준수[1,2‡] · 이수현[1] · 김희원[1] · 하혜인[1] · 정현모[3] · 이명희[3] · 이새벽[1,2*]

[1]*School of Food Science and Biotechnology, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea*
[2]*Institute of Fermentation Biotechnology, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea*
[3]*Division of High-Tech Agricultural Industry, Kyongbuk Science University, Chilgok 39913, Korea*

[1]*경북대학교 식품공학부,* [2]*경북대학교 발효생물공학연구소,* [3]*경북과학대학교 첨단농산업계열*

Abstract This study evaluated the use of *jocheong*, a traditional Korean rice syrup, as a functional sugar source in producing *Shine Muscat* wine and distilled spirits. Grape juice was supplemented with either sucrose or *jocheong* to adjust the initial soluble solids content to 24 °Brix, followed by fermentation at 20°C using *Saccharomyces cerevisiae* NY-21. The *jocheong*-supplemented wine (JW) showed lower fermentation efficiency, resulting in significantly lower alcohol content (7.1% v/v) than the sucrose-supplemented wine (SW, 13.0% v/v), likely because *jocheong* contains non-fermentable dextrins and oligosaccharides. Volatile aromatic compound analysis showed that JW contained higher concentrations of aroma-active compounds, including isoamyl alcohol (303.42 mg/L) and phenylethyl alcohol (72.36 mg/L), than SW, contributing to a more complex aromatic profile. In the distilled spirits, the *jocheong*-supplemented spirit (JD) exhibited markedly lower acetal formation (6.45 mg/L) than the sucrose-supplemented spirit (SD, 195.43 mg/L), indicating a distinct acetal formation pattern during distillation. These findings suggest that *jocheong*, beyond serving as a sugar substitute, may function as a functional Korean traditional sweetener that imparts differentiated aromatic, sensory, and fermentation characteristics to wines and distilled spirits.

Keywords *Shine Muscat*, *jocheong,* fermentation, wine, distilled spirit

OPEN ACCESS

Citation: Bae JH, Choi JS, Lee SH, Kim H, Ha H, Jung HM, Lee MH, Lee SB. Quality characteristics of *Shine Muscat* wine and distilled spirit using *jocheong.* Food Sci. Preserv., 33(5), 972-984 (2026)

Received: March 25, 2026
Revised: August 19, 2026
Accepted: September 01, 2026

† These authors contributed equally to this study.

***Corresponding author**
Sae-Byuk Lee
Tel: +82-53-950-7749
E-mail: lsbyuck@knu.ac.kr

Copyright © 2026 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

포도(*Vitis vinifera*)는 전 세계적으로 가장 널리 재배되는 과실 중 하나로써, 와인의 핵심 원료로 활용되고 있다. 와인의 맛, 향, 그리고 전반적인 관능적 특성은 사용되는 포도 품종에 따라 크게 달라지는 것으로 알려져 있다(Jordão 등, 2015). 그러나 국내에서는 기후 및 환경적 요인으로 인해 당도가 낮은 포도가 재배되고 있으며, 이로 인해 고품질 와인 생산에 어려움을 보이고 있다(Lee, 2023). 최근 국내에서 재배되고 있는 샤인머스캣(*Shine Muscat*)은 높은 당도, 독특한 향기 활성 화합물, 우수한 외관 품질을 바탕으로 양조용 품종으로 높은 가능성이 제시되고 있다. 농업관측센터의 과일 관측 보고서에 따르면, 샤인머스캣은 높은 당도와 소비자 선호도를 기반으로 국내 포도 산업에서 재배가 빠르게 확대된 품종으로, 2023년 기준 국내 재배면적이 약 6,500 ha 수준에 이르는 것으로 보고되었다(Kim 등, 2023). 이러한 재배면적 확대는 생산량 증가와 시장 공급 확대를 초래하여 국내

포도 산업 구조에 큰 변화를 가져왔으며, 특히 출하 시기의 집중과 공급 증가로 인해 시장 가격의 변동성이 커지고 전반적인 가격 하락이 발생하는 경향이 보고되고 있다(Kim 등, 2023). 이와 같은 시장 환경 변화는 샤인머스캣의 안정적인 산업 활용을 위해 단순한 생과 소비 중심의 유통 구조를 넘어 가공 및 발효 기반 제품 개발을 통한 부가가치 창출 전략의 필요성을 제기하고 있다. 따라서 샤인머스캣의 품질 특성을 활용한 가공 및 발효 소재로서의 활용 가능성에 대한 연구가 요구되고 있으며, 이는 농산물 공급 과잉 문제를 완화하고 산업적 활용 범위를 확대하는 측면에서도 중요한 의미를 가진다(Ha 등, 2023).

샤인머스캣은 linalool과 geraniol을 포함한 다양한 terpene 계열 휘발성 화합물을 풍부하게 함유하고 있으며, 이들 화합물은 샤인머스캣 특유의 향을 형성하는 주요 기여 성분으로 보고되어 있다(Wang 등, 2020). 이러한 향기적 특성은 샤인머스캣을 발효 원료로 활용할 경우에도 독특한 향미 특성을 부여할 가능성을 시사한다(Jiang 등, 2025). 뿐만 아니라, 품종에 따른 씨앗과 과피의 주요한 성분인 폴리페놀과 플라보노이드는 와인의 제조에 있어 관능적 특성에 영향을 주며, 항산화 활성과 산화적 안정성에 기여하여 기능성 측면에서도 높은 잠재력을 제시할 수 있다(Rousserie 등, 2019; Xia 등, 2010). 한편, 최근 글로벌 주류 시장에서는 알코올 함량 자체보다 원료의 지역성, 품종 특성, 기능성 성분을 반영한 차별화된 제품에 대한 수요가 크게 증가하고 있다(Del Rey와 Loose, 2023; Ohana-Levi와 Netzer, 2023). 국내에서 재배되는 포도 품종의 경우, 와인의 알코올 확보를 위한 당도가 부족하기 때문에 일반적으로 발효 전 설탕을 첨가하는 보당(chaptalization)이 적용되고 있으며(Jordão 등, 2015; Lee, 2023), 이는 원료의 특징을 저해시키는 요인으로써 당도 확보를 위한 새로운 보당원의 발굴이 요구된다.

쌀은 다양한 생리활성 화합물을 포함하며, 건강 증진 및 가공 기술 측면에서 잠재적 응용 가능성이 크다고 보고되어 있다(Patra 등, 2023). 특히, 조청은 쌀을 당화시켜 농축시킨 것으로 단당류뿐 아니라 다당류, 아미노산 및 무기질을 포함하는 복합 기질로 알려져 있어 새로운 보당원으로써의 가능성을 시사한다(Park과 Na, 2005). 그러나 정제된 설탕(sucrose)만을 보당원으로 사용하는 기존 방식은 발효 효율 측면에서는 유리하나 아미노산이나 무기질과 같은 부가적인 영양 성분을 충분히 제공하지는 못하는 경향을 보인다(Joshi와 Kumar, 2017). 발효과정에서 효모는 탄소원과 질소원을 이용하며, 발효 대사 경로와 향기 성분의 형성에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Barbosa 등, 2012; Drosou 등, 2022). 이러한 연구들은 와인 발효에서 조청을 보당원으로 사용할 경우 향미 다양성 확대, 기능성 성분 증진, 발효대사 경로 변화 등 새로운 품질적 이점을 제공할 가능성을 시사한다. 증류 공정에서는 증류과정에서의 에스터류, 고급 알코올류 및 지방산 유도체 등이 농축 또는 재배열되기 때문에 발효 단계의 보당 원료 차이는 최종 증류주의 휘발성 향기 성분 구성에 직접적으로 반영될 수 있다(Awad 등, 2017). 특히 3-methylbutyl octanoate, ethyl decanoate 등은 증류 과정 중 본류에서 많이 발견되는 것으로 알려져 있으며, 이들은 증류주의 향미 품질을 결정하는 주요 인자로 작용한다(Tian 등, 2022). 이러한 조청의 활용 가능성에도 불구하고 현재까지 조청을 보당원으로 활용하였을 때, 과실주의 발효 및 증류 특성을 비교한 연구는 매우 제한적이며, 보당원 조성 차이가 발효 대사, 향기 특성, 유기산 및 기능성 성분 변화에 미치는 영향을 체계적으로 평가한 연구는 거의 보고되지 않았다. 특히 발효 기질의 조성은 효모 대사를 통해 형성되는 ester류와 고급 알코올의 균형에 영향을 미치며, 이러한 휘발성 성분 조성은 최종 제품의 향기 인지 특성에 영향을 줄 수 있는 것으로 보고되어 있다(Cameleyre 등, 2015). 보당원 차이가 발효 산물의 휘발성 성분 조성, 관능적 특성, 그리고 발효 거동에 미치는 영향을 통합적으로 평가하는 것은 학술적 측면에서뿐만 아니라 한국 전통 감미 소재의 산업적 활용 가능성을 탐색한다는 측면에서도 의미가 있다.

따라서 본 연구에서는 조청 첨가 샤인머스캣 와인 및 증류주의 제조과정 중 발효 및 이화학적 특성과 휘발성 향기 성분을 분석하여, 새로운 보당원으로써 조청의 활용 가능성을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험 재료 및 사용 균주

본 연구에서 사용된 샤인머스캣 포도는 2024년 경북 영천 지역에서 10월에 수확한 과실을 사용하였으며, 수확 직후 분쇄하여 실험 원료로 사용하였다. 쌀은 국내 경기미 백진주 품종을 사용하였으며, 조청 제조에 사용된 엿기름은 ㈜에버헬스케어에서 구입하여 사용하였다. 와인 발효를 위한 균주로써 경북대학교 식품미생물생명공학 연구실에서 보유 중인 *Saccharomyces cerevisiae* NY-21를 사용하였다. 균주 배양은 YPD broth (1.0% yeast extract (BD Difco, Franklin Lakes, NJ, USA), 2.0% peptone (BD Difco), 2.0% dextrose (Duksan, Daejeon, Korea)를 사용하여 30°C에서 150 rpm, 24시간 동안 진탕 배양한 후 원심분리기(Hanil co., SUPRA 22k PLUS, Daejeon, Korea)를 이용하여 원심분리(4,973 ×*g*, 10 min)한 균체를 실험에 사용하였다.

2.2. 조청 제조

조청은 선행연구의 엿기름 당화 및 가열 농축 공정을 참고하여 제조하였으며, 본 연구에서는 샤인머스캣 발효용 보당원으로 사용하기 위해 당화 및 농축 조건을 조정하였다(Yang과 Ryu, 2010). 수세한 쌀은 물에 1시간 수침하여 수분을 균일하게 흡

수시킨 후, 1시간 증자하여 고두밥을 제조하였다. 증자된 쌀은 물과 1:2 (w/w) 비율로 혼합하고, 쌀 무게 대비 10% (w/w)의 엿기름을 첨가한 다음, water bath에서 60℃, 5시간 조건으로 당화 반응을 수행하였다. 이 과정을 통해 전분이 가용성 당류를 포함하는 당화액으로 전환되도록 하였고, 제조된 1차 당화액은 95℃에서 가열 농축하여 최종 당도 78 °Brix의 조청으로 제조하였다.

2.3. 샤인머스캣 와인 및 증류주 제조

대조구인 일반 샤인머스캣와인의 제조는 파쇄한 샤인머스캣즙을 24 °Brix가 되도록 설탕으로 보당하였으며, 본 실험구인 샤인머스캣 조청 와인의 경우 24 °Brix가 되도록 조청을 첨가하였다. 모든 시험구에 갈변과 잡균 오염을 방지하기 위하여 메타중아황산칼륨(potassium metabisulfite, $K_2S_2O_5$, Institut oenologque de champagne, France)의 첨가 농도를 와인 전체 부피기준으로 200 mg/L를 첨가하였다. 그 후 10 L의 발효용기에 본 배양액의 5% (w/w)에 해당하는 *S. cerevisiae* NY-21의 종배양액을 주모로 사용하여 실험을 진행하였다. 술덧의 온도는 20℃로 유지하여 발효를 진행시켰다. 발효가 종료된 와인은 원심분리(4,973 ×*g*, 10 min)하여 균체와 고형분을 분리한 후, 4℃에 보관하며 필요한 분석에 이용하였다. 증류주 제조는 발효가 완료된 술덧을 감압 증류기(20 L, Daeyoung Co., Gwangju, Korea)를 통해 간접 가열 방식으로 증류하였으며, 증류 조건은 65℃, 560 ± 20 mmHg로 설정하였다. 증류시 초류의 3%를 제거한 후, 최종 알코올 함량을 40% (v/v)로 조정하여 증류주를 제조하였다(Choi 등, 2024a).

2.4. 샤인머스캣 와인의 발효 특성 분석

샤인머스캣의 발효 특성은 발효 과정 중의 시료를 일부 취한 후, 원심분리(4,973 ×*g*, 10 min)하여 얻은 상등액을 분석하였다. pH 분석은 pH meter (SevenEasy S20, Mettler-Toledo, OH, USA)로 측정하였으며, 총산은 0.1 N NaOH로 적정하여 주석산 함량으로 환산하였다(AOAC, 2000). 시료의 가용성 고형분은 굴절당도계(N-1α, ATAGO Co., Kyoto, Japan)를 이용하여 측정하였다. 환원당 함량은 DNS (3,5-dinitrosalicylic acid, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 시약을 사용하여 비색 정량법으로 측정하였다(Choi 등, 2023). 즉, 상등액 0.3 mL에 1 mL의 DNS 시약을 첨가하여 5분간 끓는 물에서 반응시킨 후, 증류수 7 mL를 첨가하여 분광광도계(UV-1700, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 이용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 포도당 표준곡선을 이용하여 환원당 함량을 계산하였다. 알코올 함량의 변화를 측정하기 위해, 원심분리된 발효액을 measuring cylinder를 사용하여 상등액 100 mL를 flask에 분주한 후, 증류수 30 mL를 사용하여 measuring cylinder를 세척하고 세척 용액을 함께 증류하였다. 1차 증류 후 증류액 70 mL에 증류수 30 mL를 첨가하여 잘 혼합한 뒤, 15℃에서 주정계를 이용하여 측정하였다(Won 등, 2024).

2.5. 유리당 및 유기산 분석

유리당 및 유기산 함량은 HPLC (Model Prominence, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 이용하여 분석하였다. 적절히 희석된 시료를 membrane filter (Millex-HV 0.45 μm, Millipore Co., Bedford, USA)로 여과시킨 후 분석하였다. 유리당 분석을 위해 Sugar-Pak I (φ6.5 × 300 mm, Waters, Milford, MA, USA) column을 사용하였으며, 이동상으로는 50 mg/L Ca-ethylenediaminetetraacetic acid (Ca-EDTA)를 사용하여 injection volume 20 μL, flow rate 0.5 mL/min, column oven의 온도는 90℃의 조건으로 실험을 진행하였다(Lee, 2023). 유기산 분석을 위해 PL Hi-Plex H (φ7.7 × 300 mm, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) column을 사용하였고, 이동상으로는 0.005 M sulfuric acid를 사용하여 injection volume 20 μL, flow rate 0.6 mL/min, column oven의 온도는 65℃의 조건으로 실험을 진행하였다(Won 등, 2024).

2.6. 휘발성 향기 성분 분석

향기성분 분석에 있어 제조된 최종 샘플을 분석에 사용하였으며, gas chromatography mass spectrometry (5977C, Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA)가 장착된 Agilent 8890 GC를 사용하여 분석하였다. 향기성분의 포집은 head space 분석법을 이용하였으며, SPME fiber (50/30 μm DVB/CAR/PDMS, Supelco, Bellefonte, PA, USA)를 사용하였다(Lee 등, 2016). 휘발성 향미 화합물 분석을 위한 시료 전처리는 다음과 같이 수행하였다. 상등액 5 mL를 1.25 g의 NaCl이 포함된 20 mL headspace vial (PTFE/silicon septum; magnetic cap)에 분주하였다. NaCl의 첨가는 시료의 이온 강도(ionic strength)를 높임으로써 headspace 내로 휘발성 향미 성분의 방출을 촉진하기 위해 사용하였다. Vial을 즉시 밀봉한 후, 150 rpm으로 교반하며 35℃에서 20분간 평형화하였고, 이후 SPME fiber를 35℃에서 40분 동안 headspace에 노출시켜 휘발성 성분을 흡착시켰다. 흡착된 성분은 GC inlet에서 250℃ 조건으로 2분간 split mode (split ratio 20:1)로 열탈착되었다. 크로마토그래피 분리를 위해 DB-WAX column (60 m × 250 μm × 0.25 μm, Agilent Technologies)을 장착한 GC-MS 시스템을 사용하였다. GC 오븐 온도는 초기 40℃에서 2분간 유지한 후, 분당 2℃의 속도로 220℃까지 승온시켰으며, 이어 분당 20℃의 속도로 240℃까지 올린 후 최종적으로 240℃에서 5분간 유지하였다. 운반 기체(carrier gas)로는 고순도 헬륨(99.999%)을 사용하였으며 유속은 1 mL/min으로 설정하였다. 휘발성 향미 화합물의

https://doi.org/10.11002/fsp.2026.33.5.972

정성 분석은 NIST 23 Mass Spectral Library (John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA)의 EI 질량 스펙트럼 정보를 대조하여 1차적으로 수행하였다. 화합물 동정의 정확도를 보완하기 위해, 동일한 GC 분석 조건에서 n-alkanes (C7-C30) 표준물질을 사용하여 산출된 선형 보유 지수(linear retention indices, LRIs)를 활용하였다. 화합물 선정 기준은 spectral similarity score가 70% 이상이며, 문헌 값과의 RI 차이가 30 미만인 두 조건을 모두 만족하는 경우로 한정하였다. 정량 분석은 동일 조건에서 분석된 표준물질(MSIGCL412, MetaSci, Toronto, ON, Canada; purity ≥ 99.9%)을 이용하여 농도별 검량선을 작성한 후, 각 화합물의 피크 면적을 기반으로 농도를 환산하는 외부표준법(external calibration method)을 적용하였다. 각 표준물질의 검량선 결정계수(R^2)는 0.99 이상이었으며, 결과값은 mg/L 단위로 나타내었다(Heo 등, 2026).

2.7. 관능 평가

조청 첨가가 샤인머스캣 와인 및 증류주의 관능적 특성에 미치는 영향을 평가하기 위하여, 경북대학교 식품공학과에 소속된 패널 15명을 대상으로 관능평가를 수행하였다. 패널은 적절히 훈련되고 경험이 있으며 미각 식별력이 우수한 인원으로 구성되었다. 관능평가는 SW, JW, SD, JD의 4종의 시료를 동일한 세션에서 평가하는 방식으로 수행되었으며, 알코올의 함량 차이를 고려하여 와인 시료(SW, JW)와 증류주 시료(SD, JD)는 각각 별도의 블록으로 구성하여 평가하였다. 평가 항목은 색(color), 향(flavor), 단맛(sweetness), 신맛(sourness), 감칠맛(umami), 전반적 기호도(overall preference)이며 7점 hedonic 척도법(1: 매우 싫음, 7: 매우 좋음)을 적용하였다. 본 연구의 관능평가는 경북대학교 생명윤리심의위원회(Institutional Review Board, IRB)의 규정에 따라 심의 후 승인번호(2026-0128)를 받아 진행하였다.

2.8. 통계 처리

모든 실험은 3회반복 수행하였으며, 결과는 평균 ± 표준편차(mean ± SD)로 표시하였다. 와인 시료(SW, JW)와 증류주 시료(SD, JD)간의 유의성 검정은 각각 독립적으로 수행하였으며, 등분산을 가정하지 않은 Welch's t-test를 적용하였다(GraphPad Prism 10, GraphPad Software, San Diego, CA, USA). 통계적 유의성은 $p < 0.05$ 수준에서 검정하였다. 단, 관능평가는 동일 패널이 각 시료군(SW·JW 및 SD·JD)을 모두 평가한 반복측정 설계이므로 paired t-test를 별도 적용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 샤인머스캣 와인의 발효 특성

pH, 산도, 당도, 환원당, 알코올 함량의 변화 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 양조공정에서 pH 및 산도는 품질에 중요한 지표로서, 발효 안정성을 유지하고 잡균오염을 저해하여 제조된 발효주의 향기 성분에 영향을 주는 것으로 보고되어 있다(Choi 등, 2024b). 샤인머스캣 와인의 초기 pH는 3.80으로 측정되었으며, 발효 종료 후 설탕 보당구 와인(SW)은 3.30, 조청 보당구 와인(JW)은 3.34를 나타내어 시험구 간 유의적인 차이는 관찰되지 않았다. 한편, 총산 함량은 발효 초기 0.29%에서 발효가 진행됨에 따라 모든 시험구에서 소폭 증가하는 경향을 나타내었다. 이러한 총산 증가 현상은 발효 과정 중 효모 대사에 의해 생성되는 succinic acid 및 일부 lactic acid와 같은 유기산의 축적에 기인한 것으로 해석될 수 있다(Chidi 등, 2018; Mendes Ferreira와 Mendes-Faia, 2020; Torres-Guardado 등, 2024). 초기 당도를 24 °Brix로 동일하게 조정한 후 발효 중 가용성 고형분 변화를 분석한 결과, SW는 발효 9일 차에 10.5 °Brix까지 급격히 감소하여 효모에 의한 당 소비가 활발하게 진행되었음을 확인하였다. 반면, JW는 발효 3일차 이후 가용성 고형분의 감소 경향이 완만해져 최종적으로 14 °Brix를 나타내었다. 환원당 함량 분석에서도 유사한 경향이 관찰되었으며, SW에서는 발효과정 중 환원당이 일정하게 감소하여 최종적으로 약 5 g/L로 확인된 반면, JW에서는 발효 3일차 이후 감소폭이 줄어들어 최종적으로 약 8 g/L의 환원당이 잔류하였다. 이는 조청에 포함된 말토덱스트린 및 올리고당과 같은 고분자 탄수화물이 *Saccharomyces cerevisiae*에 의해 직접적으로 이용되지 못하고 발효액 내에 잔존하였기 때문으로 사료된다(Park과 Na, 2005; Yang과 Ryu, 2010). 이러한 비발효성 또는 난발효성 당류의 잔존은 최종 와인의 잔당, 점도 및 구강 내 질감에 영향을 미쳐 관능적 특성 차이를 유발할 수 있는 요인으로 작용할 것으로 사료된다(Gawel 등, 2016; Gawel 등, 2018). 발효 종료 후 알코올 함량을 분석한 결과, SW는 13.0% (v/v)의 알코올 도수를 나타내어 이론적 발효 수율에 근접한 결과를 보였다. 반면, JW의 알코올 함량은 7.1% (v/v)로 측정되어 SW 대비 약 45% 낮은 생성량을 나타내었다. 이러한 알코올 생성량 차이는 조청 유래 복합 탄수화물 중 효모가 대사하지 못하는 비발효성 당의 비중이 상대적으로 높기 때문으로 해석된다(Park과 Na, 2005; Yang과 Ryu, 2010). 다만 이러한 차이는 여러 요인이 복합적으로 작용한 결과로 추정된다. 첫째, 조청은 엿기름 당화 과정을 통해 제조되어 maltose를 주성분으로 하며, maltotriose 이상의 올리고당과 dextrin을 함께 포함하는 복합 탄수화물 기질로 알려져 있다(Lee와 Lee, 2015; Wee 등, 2016; Yang과 Ryu, 2010). 한국 쌀 조청의 일반적 가용성 고형분은 80-83 °Brix, 환원당은 약 44-53%, 포도당 당량(D.E.)은 50-87% 범위로 보고되며, 이는 조청 내 비환원성 또는 고분자 탄수화물이 차지하는 비중이 크다는 것을 시사한다(Wee 등, 2016; Yang과 Ryu, 2010). 이러한 고분자 탄수화물 중 일부는 *S. cerevisiae*에 의해 직접적으로 이용되지 못하여 발효액 내에 잔존하였을

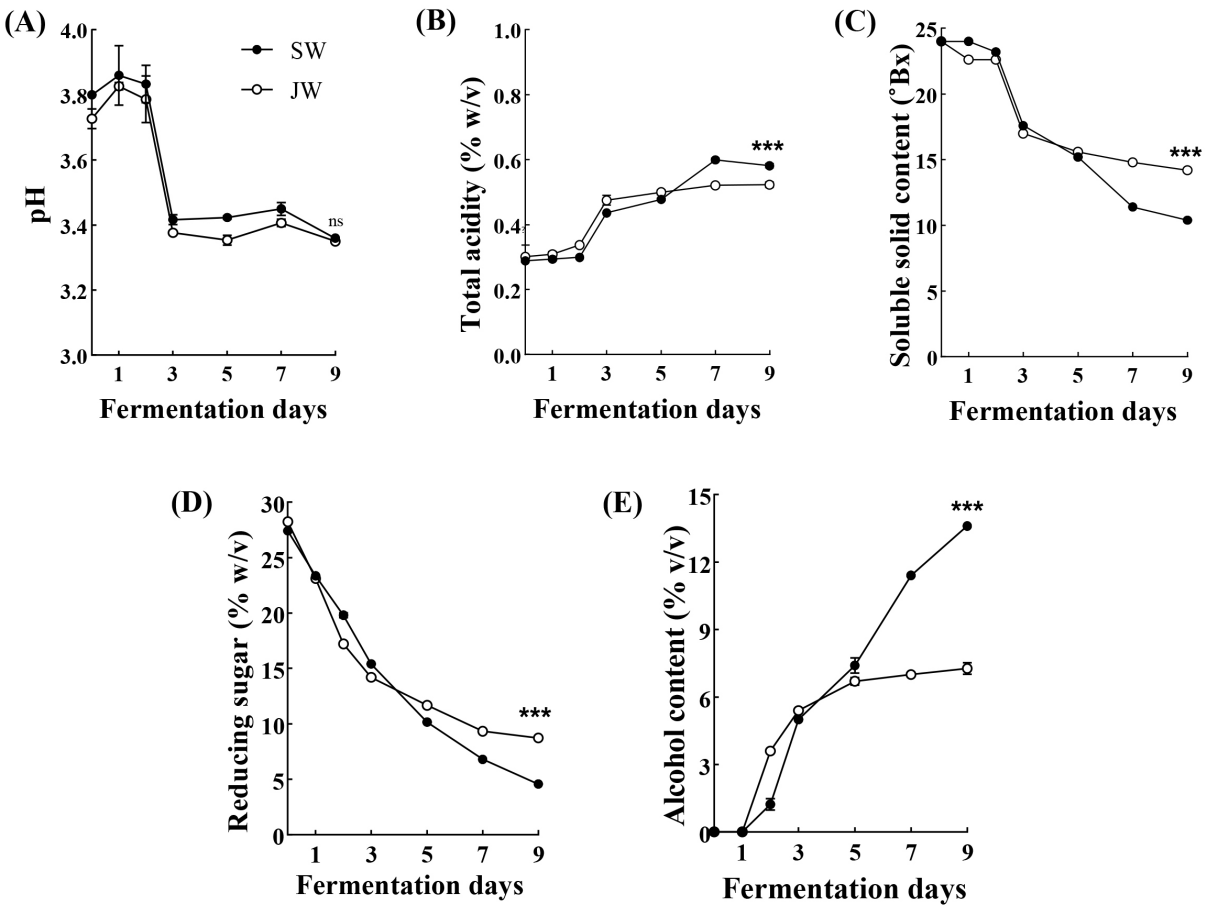


Fig. 1. Changes in pH (A), total acidity (% w/v) (B), soluble solid content (°Brix) (C), reducing sugar (% w/v, as glucose) (D), and alcohol content (% v/v) (E) of *Shine Muscat* wines supplemented with different sugar sources during fermentation. SW, sucrose-supplemented *Shine Muscat* wine; JW, *jocheong*-supplemented *Shine Muscat* wine. All values are mean ± SD (n = 3). Statistical comparisons between SW and JW were performed only at the end of fermentation (day 9) using a two-tailed Welch's t-test. $^{***}p < 0.001$; ns, not significant.

가능성이 있다. 둘째, *S. cerevisiae* 와인 효모는 maltose 대사 능력이 균주에 따라 차이를 보이며, 복합 탄수화물 기질에서 당 이용 선택성이 단당류 대비 제한될 수 있다(Berthels 등, 2004). 셋째, 발효 기질의 질소원 조성 차이가 효모 생장 및 대사 활성에 영향을 미쳤을 가능성도 배제할 수 없다(Barbosa 등, 2012). 본 연구에서는 조청 자체의 당 조성 및 발효 중 효모 생장 특성을 직접 분석하지 않아 상기 요인의 상대적 기여도를 구분하기에는 제한이 있으며, 이에 대해서는 향후 연구에서의 추가 검증이 필요할 것으로 판단된다.

3.2. 샤인머스캣 조청 와인의 유리당 및 유기산 함량

샤인머스캣 와인의 유리당 및 유기산 조성 분석 결과는 Table 1에 나타내었다. 일반적으로 와인 발효에서 효모 *S. cerevisiae*는 glucose와 fructose를 주요 탄소원으로 이용하며, 특히 glucose를 우선적으로 소비하는 특성이 보고되어 있다(Berthels 등, 2004). 발효 종료 후 SW에서는 glucose가 검출되지 않았으며, fructose는 0.06 g/L로 매우 낮은 수준을 나타냈다. 반면, JW에서는 glucose와 fructose가 각각 0.13 g/L와 3.75 g/L로 검출되어 SW보다 상대적으로 많은 육탄당이 잔존하였다. 이러한 결과는 설탕 보당구에서는 발효성 단당류가 대부분 소비된 반면, 조청 보당구에서는 발효 종료 후에도 일부 glucose와 fructose가 잔존하였음을 보여준다. 이는 Fig. 1에서 JW의 최종 환원당과 가용성 고형분이 SW보다 높게 유지된 결과와 일치한다.

유기산은 와인의 산미, 향미 균형, 바디감 등에 직접적인 영향을 미치는 핵심 성분으로 알려져 있다(Han 등, 2022). 본 연구에서 citric acid는 SW에서 0.02 g/L가 검출된 반면 JW에서는 검출되지 않았다. 또한 malic acid는 SW에서 4.12 g/L, JW

https://doi.org/10.11002/fsp.2026.33.5.972

Table 1. Organic acid and free sugar contents of *Shine Muscat* juice, *jocheong*, and *Shine Muscat* wines supplemented with sucrose (SW) or *jocheong* (JW)

Compound (g/L)	Reference materials		Wines	
	Shine Muscat	*Jocheong*	SW[1)]	JW
Organic acids				
Citric acid	0.05 ± 0.00[2)]	ND[3)]	0.02 ± 0.00	ND
Malic acid	3.20 ± 0.02	ND	4.12 ± 0.05	0.50 ± 0.02[*4)]
Succinic acid	ND	ND	0.19 ± 0.01	0.07 ± 0.01[*]
Lactic acid	ND	ND	0.74 ± 0.02	0.42 ± 0.01[*]
Free sugars				
Glucose	7.03 ± 0.01	0.95	ND	0.13 ± 0.01
Fructose	7.41 ± 0.01	ND	0.06 ± 0.01	3.75 ± 0.01[*]
Sucrose	ND	ND	ND	ND

[1)]SW, Sucrose-supplemented *Shine Muscat* wine; JW, *jocheong*-supplemented *Shine Muscat* wine. *Shine Muscat* and *jocheong* data are presented as reference materials.
[2)]All values are mean ± SD (n = 3).
[3)]ND, not detected.
[4)]Differences between SW and JW within the same row were analyzed using Welch's t-test. Asterisks (*) indicate significant differences at $p < 0.05$.

에서 0.50 g/L로 나타나 보당원에 따른 함량 차이가 크게 나타났다. 발효 부산물로 생성되는 succinic acid와 lactic acid 역시 SW에서 각각 0.19 g/L와 0.74 g/L로 JW의 0.07 g/L와 0.42 g/L보다 높은 수준을 나타냈다. 이러한 차이는 SW에서 효모가 이용 가능한 단당류가 상대적으로 풍부하여 해당과정과 TCA 회로 관련 대사가 활성화되면서 발효 부산물로서 유기산의 생성이 증가했기 때문으로 해석될 수 있다. 반면 JW는 올리고당 중심의 기질 특성으로 인해 상대적으로 완만한 발효 속도를 나타내며 유기산 축적이 제한된 것으로 판단된다(Kim 등, 2017; Lin 등, 2013; Yang과 Ryu, 2010). 결과적으로 SW는 상대적으로 높은 유기산 함량으로 선명하고 강한 산미 특성을 나타낸 반면, JW는 유기산 축적이 제한되어 보다 부드럽고 완만한 산미 특성을 형성한 것으로 분석된다.

3.3. 샤인머스캣 조청 와인의 향미 및 관능 특성

샤인머스캣 와인(SW, JW)의 휘발성 향기 성분 분석 결과는 Table 2에 나타내었다. 보당 방식에 따라 에스터류와 고급 알코올류의 생성 패턴이 구분되었으며, 이러한 차이는 발효 기질의 조성과 효모의 당 이용 속도 차이에 의해 나타날 수 있는 현상으로 해석된다(Visinoni 등, 2022).

SW는 ester 계열 화합물의 생성량이 상대적으로 높게 나타났다. 특히 주요 과일향 성분으로 알려진 ethyl hexanoate와 ethyl octanoate는 SW에서 각각 288.25 mg/L와 1,050.14 mg/L로 나타나 JW보다 높은 수준을 보였다. 일반적으로 sucrose는 효모의 invertase 작용에 의해 빠르게 glucose와 fructose로 분해되며, 이러한 단당류는 해당과정을 통해 acetyl-CoA 형성을 증가시키고 alcohol acetyltransferase 활성에 영향을 주어 에스터 생성이 촉진될 수 있는 것으로 보고되어 있다(Scott 등, 2023). 반면 JW는 maltose와 다양한 올리고당류를 포함하는 기질 특성으로 인해 효모가 즉시 이용 가능한 단당류의 공급이 상대적으로 제한될 수 있으며, 이로 인해 발효 속도와 대사 흐름이 SW와 다르게 나타날 가능성이 있다.

고급 알코올류의 경우 JW에서 상대적으로 높은 경향이 관찰되었다. 예를 들어 isoamyl alcohol과 phenylethyl alcohol은 JW에서 각각 303.42 mg/L와 72.36 mg/L로 나타나 SW의 188.53 mg/L와 50.34 mg/L보다 높은 수준을 보였다. 이러한 결과는 조청 유래 질소원 및 아미노산 조성이 효모의 Ehrlich 경로를 통해 고급 알코올 생성에 영향을 줄 수 있다는 기존 연구와 관련지어 해석할 수 있다(Hazelwood 등, 2008). 또한 곡물 유래 주류에서 isoamyl alcohol을 포함한 고급 알코올류가 주요 향기 성분으로 기여할 수 있다는 보고(Lee 등, 2017)와 효모의 성장 속도 및 발효 조건이 고급 알코올 조성에 영향을 줄 수 있다는 연구(Varela 등, 2012)는 보당 원료에 따른 향기 성분 차이를 설명하는 보조적 근거가 된다.

본 연구에서 일부 중쇄 지방산 ethyl ester의 농도는 일반적인 포도주에서 보고된 값보다 높은 수준을 나타냈다. 그러나 과실주의 휘발성 성분은 원료 과실, 발효 조건 및 분석 방법에 따라 넓은 범위로 보고되고 있다. Tarko와 Duda (2024)는 살구주에서 ethyl hexanoate, ethyl octanoate, ethyl decanoate 및 isoamyl acetate가 각각 749.92, 2,552.69, 1,840.95 및 2,472.35

Table 2. Volatile compounds of *Shine Muscat* wines supplemented with sucrose (SW) or *jocheong* (JW)

Volatile aromatic compounds (mg/L)	Odor description	SW[1)]	JW
Esters			
Ethyl acetate	Fruity, sweet	58.41 ± 1.57[2)]	33.38 ± 1.49[*3)]
Ethyl butyrate	Apple, strawberry	10.97 ± 0.64	6.83 ± 0.27[*]
Isoamyl acetate	Banana	353.52 ± 5.58	224.74 ± 9.49[*]
Ethyl hexanoate	Apple, strawberry	288.25 ± 14.84	144.85 ± 7.94[*]
Ethyl octanoate	Fruity, sweet	1,050.14 ± 49.68	661.46 ± 25.94[*]
Ethyl decanoate	Fatty, fruity	366.42 ± 9.02	395.85 ± 17.77[*]
Ethyl 9-decenoate	rose	54.06 ± 2.88	44.34 ± 2.29[*]
Ethyl dodecanoate	Flower, fruity	117.53 ± 3.93	80.81 ± 3.09[*]
Isoamyl decanoate	Rose	ND[4)]	2.14 ± 0.05
Isopentyl hexanoate	Apple, pineapple	ND	ND
3-Methylbutyl octanoate	Fruity, brandy	ND	5.23 ± 0.33
2-Ethylhexyl acetate	Earthy, herbal	0.79 ± 0.06	ND
Hexyl acetate	Fruity, green, sweet	26.77 ± 0.95	17.83 ± 0.99[*]
Heptyl acetate	Apple, Banana, Grass, Herb	1.17 ± 0.07	ND
2-Phenylethyl acetate	Rose, flower	20.80 ± 0.93	19.47 ± 1.29[*]
Alcohols			
Isobutanol	Fruity, sweet	10.03 ± 0.58[*]	26.18 ± 0.31
1-Propanol	Fruity, sweet	ND	2.82 ± 0.08
1-Hexanol	Grass, green	ND	5.42 ± 0.27
Isoamyl alcohol	Fruity, chocolate	188.53 ± 6.20	303.42 ± 4.47[*]
Phenylethyl alcohol	Rose, flowery	50.34 ± 2.24	72.36 ± 3.51[*]
Others			
1,3-Di-tert-butylbenzene	Roasted	ND	ND
Acetal	Nutty, earthy, vegetable	6.08 ± 0.13	2.01 ± 0.08[*]
5-Ethenyl-2-methoxyphenol	Smoke	ND	1.60 ± 0.06

[1)]SW, Sucrose-supplemented *Shine Muscat* wine; JW, *jocheong*-supplemented *Shine Muscat* wine.
[2)]All values are mean ± SD (n = 3).
[3)]Differences between SW and JW within the same row were analyzed using Welch's t-test. Asterisks (*) indicate significant differences at $p < 0.05$.
[4)]ND, not detected.

mg/L로 보고된 사례를 정리하였다. 따라서 본 연구의 결과는 서로 다른 연구의 절대농도와 직접 비교하기보다는, 동일한 분석 조건에서 측정된 SW와 JW 간의 차이를 중심으로 해석하였다.

와인의 관능평가 결과는 Table 3에 나타내었다. SW는 향(flavor), 단맛(sweetness), 감칠맛(umami) 항목에서 JW보다 전반적으로 높은 점수를 보였다. JW에서는 isoamyl alcohol, phenylethyl alcohol, isobutanol, 1-propanol, 1-hexanol의 5종 고급 알코올이 검출된 반면, SW에서는 isoamyl alcohol, phenylethyl alcohol, isobutanol의 3종만 검출되었다. 검출된 성분의 합계는 JW에서 약 410 mg/L, SW에서 약 249 mg/L 수준이었으며, 특히 isoamyl alcohol은 JW (303.42 mg/L)가 SW (188.53 mg/L)에 비해 약 1.6배 높은 수준을 나타내었다. 와인의 향기 인지에서 에스터류와 고급 알코올의 상대적 균형 및 조성이 중요한 영향을 미치는 것으로 보고되어 있어(Cameleyre 등, 2015), JW와 SW의 향기 성분 프로필 차이는 두 시료 간 향(flavor) 점수 차이와도 부합하였다.

https://doi.org/10.11002/fsp.2026.33.5.972

Table 3. Sensory evaluation of *Shine Muscat* wines supplemented with sucrose (SW) or *jocheong* (JW)[1)]

Sample	Color	Flavor	Sweetness	Sourness	Umami	Overall preference
SW[2)]	4.60 ± 1.12[3)]	5.80 ± 0.77	5.40 ± 1.24	3.60 ± 1.50	4.93 ± 1.16	5.48 ± 0.92
JW	5.27 ± 1.22	4.67 ± 1.11[*4)]	4.27 ± 0.96[*]	4.07 ± 1.58	4.27 ± 1.16	5.07 ± 0.70

[1)]Sensory evaluation was performed using a 7-point hedonic scale (1 = dislike extremely, 7 = like extremely).
[2)]SW, Sucrose-supplemented *Shine Muscat* wine; JW, *jocheong*-supplemented *Shine Muscat* wine.
[3)]All values are mean ± SD (n = 15).
[4)]Differences between SW and JW within the same column were analyzed using paired t-test. Asterisks (*) indicate significant differences at $p < 0.05$.

한편, JW는 SW에 비해 잔당 함량이 높았음에도 불구하고 단맛 관능 점수는 오히려 낮게 나타났다. 이러한 결과는 잔당의 총량보다 조성이 감각적 단맛 인지에 더 중요한 영향을 미친다는 점과 관련된 것으로 해석된다. 조청은 maltose를 주성분으로 하며 maltotriose 및 dextrin을 함께 포함하는 복합 당 기질로 보고되어 있다(Lee와 Lee, 2015; Wee 등, 2016; Yang과 Ryu, 2010). Maltotriose는 sucrose와 동일하게 hT1R2/hT1R3 단맛 수용체의 리간드로 작용하나, 무게 기준에서 sucrose 대비 현저히 낮은 단맛 강도를 나타내는 것으로 보고되어 있다(Pullicin 등, 2019). 또한 Lapis 등(2014)은 인간이 maltooligosaccharide (DP 3-10) 및 maltopolysaccharide (DP > 10)를 인지할 수 있으나, 그 인지 강도는 sucrose 대비 유의적으로 낮으며 단맛이 아닌 곡물 또는 전분 유사 맛(bread-, cereal-, rice-like)으로 인지됨을 보고하였다. 더 나아가 maltotetraose 등 고분자 maltooligosaccharide는 식품에서 감미 강도를 감소시키는 목적으로도 활용될 수 있는 것으로 보고되어 있다(Maalej 등, 2014). 따라서 JW의 잔당이 주로 maltose 및 maltooligosaccharide로 구성되었을 경우, 측정된 잔당 함량에 비해 감각적 단맛 인지가 낮게 나타날 수 있으며, 이는 본 연구의 관능평가 결과와 부합한다. 신맛 항목에서 JW가 SW보다 높은 점수를 보인 점 역시 유기산 조성 차이와 단맛-신맛 균형 변화에 따른 감각적 인식 차이로 설명될 수 있다.

3.4. 샤인머스캣 조청 증류주의 향미 및 관능 특성

샤인머스캣 와인으로부터 제조한 증류주(SD, JD)의 휘발성 향기 성분 분석 결과는 Table 4에 나타내었다. 감압 증류 과정에서 ethyl acetate와 같은 저비점 에스터류는 일부 감소하는 경향을 보였으나, ethyl decanoate와 ethyl dodecanoate와 같은 고비점 지방산 에스터류는 상대적으로 농축되어 와인 단계보다 높은 농도로 검출될 수 있다(Balcerek 등, 2017). 증류주에서 중쇄 지방산 ethyl ester가 주요 휘발성 성분으로 보고되어 있으며, Zhao 등(2009)은 brandy에서 ethyl octanoate와 ethyl decanoate를 각각 최대 301.55 및 377.58 mg/L로 보고하였다. 따라서 본 연구에서 검출된 장쇄 및 중쇄 ester류는 증류주의 주요 향기성분 조성과 관련된 결과로 해석할 수 있다.

한편 SD에서는 acetal이 195.43 mg/L 수준으로 높게 나타난 반면, JD에서는 6.45 mg/L로 현저히 낮게 나타났다. Acetal은 acetaldehyde와 ethanol의 반응에 의해 생성되는 화합물로 알려져 있으며 산성 조건에서 생성이 촉진될 수 있다(Kłosowski와 Czupryn´ski, 2006). 이러한 두 증류주 간의 현저한 acetal 농도 차이는 각 와인의 발효 과정에서 형성된 acetaldehyde 화합물의 수준과 증류 조건이 복합적으로 작용한 결과로 해석된다. 다만 acetal 생성 차이는 발효액의 acetaldehyde 농도, 증류 절단 구간 및 공정 조건 등 다양한 요인에 의해 영향을 받을 수 있으므로 이에 대한 추가적인 검증이 필요하다(Boffetta 등, 2011; Varela 등, 2012).

증류주의 관능평가 결과는 Table 5에 나타내었다. SD와 JD 모두 와인 단계에 비해 전반적인 관능 점수가 낮게 나타났으며, 두 시료 간에는 모든 항목에서 유의적 차이가 관찰되지 않았다 (paired t-test, $p > 0.05$). 이는 증류 과정에서 비휘발성 성분이 제거되고 휘발성 성분의 조성이 재배열됨에 따라 보당 원료에 따른 향미 차이가 관능적으로 균질화된 것으로 해석된다. 다만 JD는 SD보다 향(flavor) 항목에서 다소 높은 점수를 보였으며, 이는 발효 단계에서 형성된 고급 알코올 및 고비점 에스터류가 증류 후에도 향 인지에 긍정적으로 작용했을 가능성과 일치한다.

전체 휘발성 향기 성분의 농도 분포를 히트맵으로 시각화한 결과(Fig. 2), 와인 단계(SW, JW)에서는 ethyl octanoate, isoamyl acetate, isoamyl alcohol 등이 상대적으로 높은 농도를 나타내는 군집을 형성하였으며, 증류주 단계(SD, JD)로 전환되면서 ethyl decanoate와 ethyl dodecanoate 등 고비점 에스터류의 농도가 두드러지게 증가하는 패턴이 시각적으로 확인되었다. 특히 acetal은 SD에서만 뚜렷한 고농도 구간으로 나타나, 증류 공정이 휘발성 성분의 전체적인 조성 프로필을 와인 단계와는 명확히 구분되는 방향으로의 변화를 보여주었다.

종합적으로 보당 원료의 조성과 당 대사 양상은 발효주 및 증류주의 향기 성분 형성과 향 구조에 영향을 미치는 주요 요인으로 나타났다. 설탕 보당은 에스터 중심의 과일향 특성을 강화하는 경향을 보인 반면, 조청 보당은 고급 알코올의 기여가 상대적으로 큰 복합적인 향 구조 형성에 영향을 줄 가능성을 시사한다. 따라서 조청 보당은 발효 단계뿐 아니라 증류 후 향 특성에도 영향을 줄 수 있는 공정 변수로 판단되며, 샤인머스캣

Table 4. Volatile compounds of distilled spirits obtained from *Shine Muscat* wines supplemented with sucrose (SD) or *jocheong* (JD)

Volatile aromatic compounds (mg/L)	Odor description	SD[1)]	JD
Esters			
Ethyl acetate	Fruity, sweet	39.99 ± 1.74[2)]	7.38 ± 0.11[*3)]
Ethyl butyrate	Apple, strawberry	ND[4)]	ND
Isoamyl acetate	Banana	39.24 ± 0.53	12.20 ± 0.60[*]
Ethyl hexanoate	Apple, strawberry	26.46 ± 1.84	10.43 ± 0.31[*]
Ethyl octanoate	Fruity, sweet	211.70 ± 8.03	248.07 ± 11.02[*]
Ethyl decanoate	Fatty, fruity	1,721.00 ± 103.67	1,350.46 ± 38.60[*]
Ethyl 9-decenoate	rose	65.57 ± 2.78	86.82 ± 3.53[*]
Ethyl dodecanoate	Flower, fruity	209.31 ± 11.32	166.11 ± 11.44[*]
Isoamyl decanoate	Rose	10.87 ± 0.50	9.29 ± 0.52[*]
Isopentyl hexanoate	Apple, pineapple	3.71 ± 0.19	ND
3-Methylbutyl octanoate	Fruity, brandy	58.60 ± 1.23	38.43 ± 0.20[*]
2-Ethylhexyl acetate	Earthy, herbal	ND	ND
Hexyl acetate	Fruity, green, sweet	2.69 ± 0.19	0.92 ± 0.03[*]
Heptyl acetate	Apple, Banana, Grass, Herb	ND	ND
2-Phenylethyl acetate	Rose, flower	5.94 ± 0.24	4.31 ± 0.08[*]
Alcohols			
Isobutanol	Fruity, sweet	15.89 ± 0.56	31.50 ± 1.59[*]
1-Propanol	Fruity, sweet	ND	6.16 ± 0.25
1-Hexanol	Grass, green	ND	ND
Isoamyl alcohol	Fruity, chocolate	153.57 ± 11.49	183.53 ± 9.69[*]
Phenylethyl alcohol	Rose, flowery	0.83 ± 0.05	2.06 ± 0.16[*]
Others			
1,3-Di-tert-butylbenzene	Roasted	19.10 ± 1.10	ND
Acetal	Nutty, earthy, vegetable	195.43 ± 10.08	6.45 ± 0.22[*]
5-Ethenyl-2-methoxyphenol	Smoke	ND	ND

[1)]SD, spirit distilled from SW; JD, spirit distilled from JW.
[2)]All values are mean ± SD (n = 3).
[3)]Differences between SD and JD within the same row were analyzed using Welch's t-test. Asterisks (*) indicate significant differences at $p < 0.05$.
[4)]ND, not detected.

Table 5. Sensory evaluation of distilled spirits obtained from *Shine Muscat* wines supplemented with sucrose (SD) or *jocheong* (JD)[1)]

Sample[2)]	Color	Flavor	Sweetness	Sourness	Umami	Overall preference
SD	3.67 ± 1.35[3)4)]	3.13 ± 1.30	2.87 ± 0.99	2.47 ± 1.19	3.33 ± 1.23	3.13 ± 1.13
JD	3.67 ± 1.35	3.87 ± 0.83	2.87 ± 0.99	2.93 ± 1.03	3.13 ± 0.99	3.47 ± 0.92

[1)]Sensory evaluation was performed using a 7-point hedonic scale (1 = dislike extremely, 7 = like extremely).
[2)]SD, spirit distilled from SW; JD, spirit distilled from JW.
[3)]All values are mean ± SD (n = 15).
[4)]Differences between SD and JD within the same column were analyzed using paired t-test. No significant differences were observed at $p > 0.05$.

https://doi.org/10.11002/fsp.2026.33.5.972

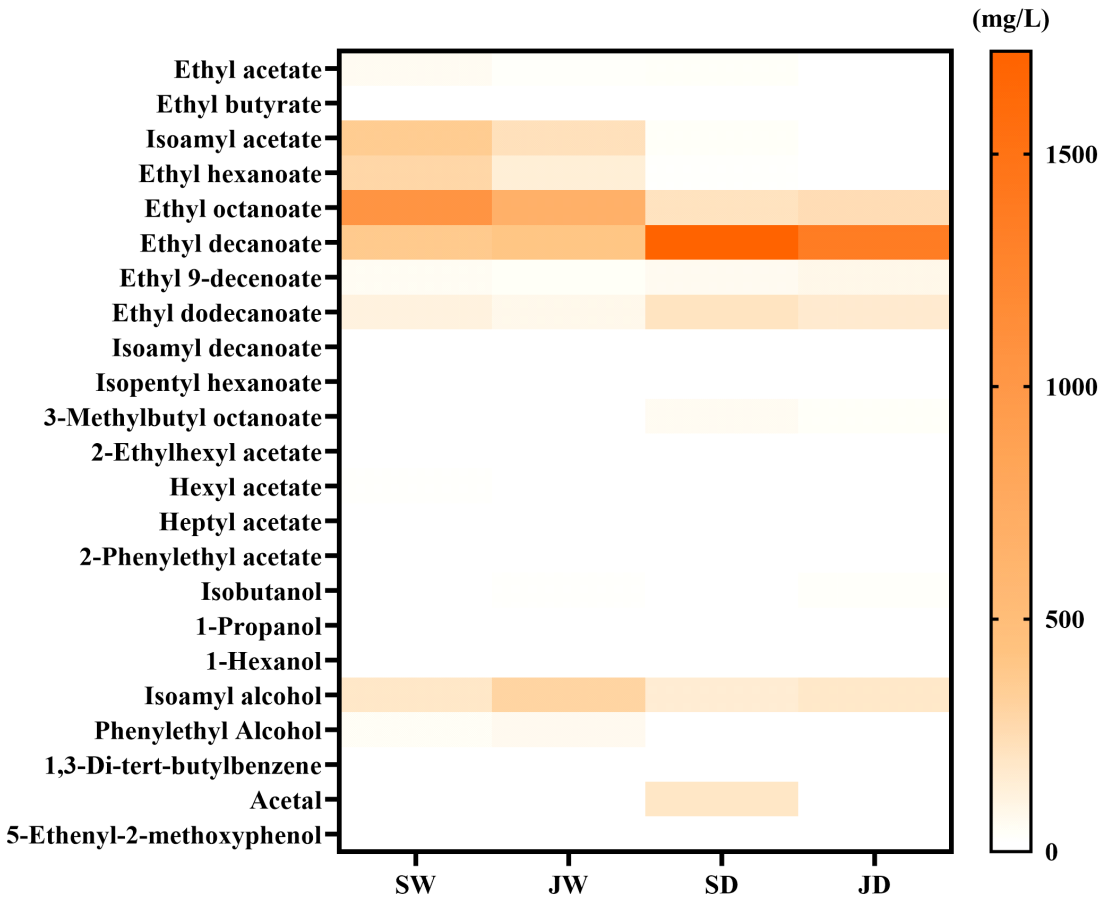


Fig. 2. Heatmap illustrating the concentration distribution (mg/L) of volatile compounds. SW, sucrose-supplemented *Shine Muscat* wine; JW, *jocheong*-supplemented *Shine Muscat* wine; SD, sucrose-supplemented *Shine Muscat* wine based spirit; JD, *jocheong*-supplemented *Shine Muscat* wine based spirit.

기반 주류의 향미 특성 설계 및 제품 다양화를 위한 기초 자료로 활용될 수 있다.

4. 요약

본 연구에서는 조청을 보당원으로 활용한 샤인머스캣 와인 및 증류주의 품질 특성을 설탕 보당구와 비교하고, 보당원 조성이 발효 대사 및 최종 품질에 미치는 영향을 평가하였다. SW는 빠른 발효 속도와 함께 높은 알코올 함량(약 13%)을 나타낸 반면, JW는 발효가 완만하게 진행되어 상대적으로 낮은 알코올 함량(약 7%)을 보였다. 유기산 분석에서도 SW가 JW보다 malic acid, lactic acid 및 succinic acid 함량이 높게 나타나 발효 진행 정도와 효모 대사 활성의 차이를 나타내었다. 휘발성 향기 성분 분석 결과, SW에서는 에스터류가, JW에서는 고급 알코올류가 상대적으로 높게 생성되어 보당원에 따라 향기 성분 조성이 뚜렷하게 구분되었다. 조청 보당 와인 유래 증류주(JD)는 설탕 보당 와인 유래 증류주(SD) 대비 acetal 함량이 약 96.7% 감소하는 차별된 결과를 보였다. 관능평가 결과, SW는 향과 단맛에서, JW는 색과 산미에서 상대적으로 높은 평가를 받았다. 종합적으로, 조청 보당은 발효 대사를 변화시켜 저알코올 발효 특성을 유도하며, 휘발성 향기 성분 조성에 차별적인 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 본 연구는 조청을 활용한 와인 및 증류주의 차별된 품질 특성 향상 가능성을 입증하고 감미 소재의 산업적 응용 측면의 기초자료를 제공한다. 따라서 조청은 샤인머스캣 기반 발효주 및 증류주의 품질 특성을 조절할 수 있는 기능성 보당원으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

Funding

This research was supported by the Gyeongbuk ANCHOR system through the Gyeongsangbuk-do ANCHOR CENTER, funded by the Ministry of Education (MOE) and the Gyeongsangbuk-do, Republic of Korea (2026-ANCHOR-15-202).

Acknowledgements

None.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interest.

Author contributions

Conceptualization: Bae JH, Choi JS, Lee SH, Lee SB. Methodology: Bae JH, Lee SH, Kim H, Ha H. Formal analysis: Choi JS, Lee SH. Validation: Choi JS, Jung HM, Lee MH, Lee SB. Writing - original draft: Bae JH, Lee SB. Writing - review & editing: Choi JS, Lee SH, Lee SB.

Ethics approval

This research was approved by IRB from Kyungpook National University (approval no. KNU-2026-0128).

Declaration of generative AI

No AI tools were used in this article.

ORCID

Jun-Hwan Bae (First author)
https://orcid.org/0009-0001-2893-1814
Jun-Su Choi (First author)
https://orcid.org/0000-0002-6678-5803
Su-Hyun Lee
https://orcid.org/0009-0005-8698-7073
Heewon Kim
https://orcid.org/0009-0006-7593-0239
Hyein Ha
https://orcid.org/0009-0005-4380-2761
Hyun Mo Jung
https://orcid.org/0000-0002-7310-3081
Myung Hee Lee
https://orcid.org/0000-0002-9801-6697
Sae-Byuk Lee (Corresponding author)
https://orcid.org/0000-0001-5815-7666

References

Amerine MA, Ough CS. Methods for Analysis of Musts and Wines. Wiley & Sons, New York, USA, p 176-180 (1980)

AOAC. Official Methods of Analysis. 17th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA, p 210-219 (2000)

Awad P, Athès V, Decloux ME, Ferrari G, Snakkers G, Raguenaud P, Giampaoli P. Evolution of volatile compounds during the distillation of Cognac spirit. J Agric Food Chem, 65, 7736-7748 (2017)

Baek CH, Choi JH, Choi HS, Jeong ST, Kim JH, Jeong YJ, Yeo SH. Quality characteristics of brown rice *makgeolli* produced under differing conditions. Korean J Microbiol Biotechnol, 41, 168-175 (2013)

Balcerek M, Pielech-Przybylska K, Patelski P, Dziekońska-Kubczak U, Strąk E. The effect of distillation conditions and alcohol content in "heart" fractions on the concentration of aroma volatiles and undesirable compounds in plum brandies. J Inst Brew, 123, 452-463 (2017)

Barbosa C, Mendes-Faia A, Mendes-Ferreira A. The nitrogen source impacts major volatile compounds released by *Saccharomyces cerevisiae* during alcoholic fermentation. Int J Food Microbiol, 160, 87-93 (2012)

Berthels NJ, Cordero Otero RR, Bauer FF, Thevelein JM, Pretorius IS. Discrepancy in glucose and fructose utilisation during fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* wine yeast strains. FEMS Yeast Res, 4, 683-689 (2004)

Boffetta P, Kaihovaara P, Rudnai P, Znaor A, Lissowska J, Swiątkowska B, Mates D, Pandics T, Salaspuro M. Acetaldehyde level in spirits from Central European countries. Eur J Cancer Prev, 20, 526-529 (2011)

Boulet JC, Vernhet A, Poncet-Legrand C, Cheynier V, Doco T. Exploring the role of grape cell wall and yeast polysaccharides in the extraction and stabilisation of anthocyanins and tannins in red wines. OENO One, 58, 7793 (2024)

Cameleyre M, Lytra G, Tempere S, Barbe JC. Olfactory impact of higher alcohols on red wine fruity ester aroma expression in model solution. J Agric Food Chem, 63, 9777-9788 (2015)

Chidi BS, Bauer FF, Rossouw D. Organic acid metabolism and the impact of fermentation practices on wine acidity: A review. S Afr J Enol Vitic, 39, 315-329 (2018)

Choi HU, Kim TW, Lee SJ. Characterization of Korean distilled liquor, soju, using chemical, HS-SPME-GC-MS, and sensory descriptive analysis. Molecules, 27, 2429 (2022)

Choi JS, Choi KT, Kim CW, Park HD, Lee SB. Fermentation characteristics of *yakju* containing different amounts of steam-cooked Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). Korean J Food Preserv, 30, 155-169 (2023)

Choi KT, Lee SH, Kim YJ, Choi JS, Lee SB. Improvement of volatile aromatic compound levels and sensory quality of distilled soju derived from *Saccharomyces cerevisiae* and *Wickerhamomyces anomalus* co-fermentation. Food Chem X, 22, 101368 (2024a)

Choi KT, Park CW, Lee SH, Lee YN, Oh JY, Choi JS, Choe

https://doi.org/10.11002/fsp.2026.33.5.972

D, Lee SB. Effects of co-fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* and *Hanseniaspora uvarum* yeasts on the volatile aromatic compound and sensory quality of distilled soju. J Korean Soc Food Sci Nutr, 53, 639-647 (2024b)

Del Rey R, Loose S. State of the international wine market in 2022, new market trends for wines require new strategies. Wine Econ Policy, 12, 3-18 (2023)

Drosou F, Mamma D, Tataridis P, Dourtoglou V, Oreopoulou V. *Metschnikowia pulcherrima* in mono or co-fermentations in brewing. BrewingScience, 75, 69-78 (2022)

Gawel R, Smith PA, Cicerale S, Keast R. The mouthfeel of white wine. Crit Rev Food Sci Nutr, 58, 2939-2956 (2018)

Gawel R, Smith PA, Waters EJ. Influence of polysaccharides on the taste and mouthfeel of white wine. Aust J Grape Wine Res, 22, 350-357 (2016)

Guo Y, He Y, Gao D, Wang Z, Sun X, Li X, Shi H. Effects of blocking alcoholic fermentation at different residual sugar levels on sensory and chemical profiles of cabernet sauvignon fortified wines. Food Chem, 505, 148100 (2026)

Gutiérrez-Escobar R, Aliaño-González MJ, Cantos-Villar E. Wine polyphenol content and its influence on wine quality and properties: A review. Molecules, 26, 718 (2021)

Ha JH, Chae JH, Wi TS. A study on the promotion of Shine Muscat consumption from the buyer's perspective. 2023 Korean Society of Food Distribution Summer Conference, July 13-14, Busan, Korea (2023)

Han S, Yang J, Choi K, Kim J, Adhikari K, Lee J. Chemical analysis of commercial white wines and its relationship with consumer acceptability. Foods, 11, 603 (2022)

Hazelwood LA, Daran JM, van Maris AJA, Pronk JT, Dickinson JR. The Ehrlich pathway for fusel alcohol production: A century of research on *Saccharomyces cerevisiae* metabolism. Appl Environ Microbiol, 74, 2259-2266 (2008)

Hensen JP, Hoening F, Weilack I, Damm S, Weber F. Influence of grape cell wall polysaccharides on the extraction of polyphenols during fermentation in microvinifications. J Agric Food Chem, 70, 9117-9131 (2022)

Heo SH, Lee SH, Lee JH, Kang J, Kim Y, Jung HM, Lee MH, Cho JS, Lee SB. Multi-analysis characterization of *Makgeolli* made from the novel glutinous rice cultivar *'Gureumchal'*: Free amino acids, GC-MS volatiles, and electronic tongue-derived flavor profile. Foods, 15, 586 (2026)

Jiang Z, Li X, Peng S, Li X, Zhou C, Zhao X. Effects of temperature on the physicochemical properties and volatile profiles of 'Shine muscat' grape during postharvest storage. Food Chem, 469, 142546 (2025)

Jordão AM, Vilela A, Cosme F. From sugar of grape to alcohol of wine: Sensorial impact of alcohol in wine. Beverages, 1, 292-310 (2015)

Joshi VK, Kumar V. Influence of different sugar sources, nitrogen sources and inocula on the quality characteristics of apple tea wine. J Inst Brew, 123, 268-276 (2017)

Ju YL, Xu XL, Yu YK, Liu M, Wang WN, Wu JR, Liu BC, Zhang Y, Fang YL. Effects of winemaking techniques on the phenolics, organic acids, and volatile compounds of Muscat wines. Food Biosci, 54, 102937 (2023)

Kim HH, Lee WP, Oh CH, Yoon SS. Production of a fermented organic rice syrup with higher isomalto-oligosaccharide using *Lactobacillus plantarum*. Food Sci Biotechnol, 26, 1343-1347 (2017)

Kim MY, Yoon N, Lee YJ, Woo KS, Kim HY, Lee J, Jeong HS. Influence of thermal processing on free and bound forms of phenolics and antioxidant capacity of rice hull (*Oryza sativa* L.). Prev Nutr Food Sci, 25, 310-318 (2020)

Kim WT, Choi GR, Lee HI, Kim JH, Kim JY. Fruit supply and demand trends and outlook. In: Agricultural Outlook 2023 Korea. KREI E04-2023 (2023)

Kłosowski G, Czupryński B. Kinetics of acetals and esters formation during alcoholic fermentation of various starchy raw materials with application of yeasts *Saccharomyces cerevisiae*. J Food Eng, 72, 242-246 (2006)

Lapis TJ, Penner MH, Lim J. Evidence that humans can taste glucose polymers. Chem Senses, 39, 737-747 (2014)

Lee KW, Lee MY. Quality characteristics of gastrodia elata powder jochung with antioxidant activity. J Korean Soc Food Cult, 30, 656-666 (2015)

Lee SB. Quality characteristics and antioxidant activities of six types of Korean white wine. Foods, 12, 3246 (2023)

Lee SB, Choi WS, Jo HJ, Yeo SH, Park HD. Optimization of air-blast drying process for manufacturing *Saccharomyces cerevisiae* and non-*Saccharomyces* yeast as industrial wine starters. AMB Express, 6, 105 (2016)

Lee SB, Shin JA, Lee KT. Determination of fusel oil content in various types of liquor distributed in Korea. Korean J Food Preserv, 24, 510-516 (2017)

Lin Q, Xiao H, Liu GQ, Liu Z, Li L, Yu F. Production of maltose syrup by enzymatic conversion of rice starch. Food Bioprocess Technol, 6, 242-248 (2013)

Maalej H, Ben Ayed H, Ghorbel-Bellaaj O, Nasri M, Hmidet N. Production and biochemical characterization of a high maltotetraose (G4) producing amylase from *Pseudomonas stutzeri* AS22. BioMed Res Int, 2014, 156438 (2014)

Mendes Ferreira A, Mendes-Faia A. The role of yeasts and lactic acid bacteria on the metabolism of organic acids during winemaking. Foods, 9, 1231 (2020)

Ohana-Levi N, Netzer Y. Long-term trends of global wine market. Agriculture, 13, 224 (2023)

Park JS, Na HS. Quality characteristics of *Jocheong* containing various level of *Lentinus edodes* extracts. J Korean Soc Food Sci Nutr, 34, 1082-1090 (2005)

Patra M, Bashir O, Amin T, Wani AW, Shams R, Chaudhary KS, Mirza AA, Manzoor S. A comprehensive review on functional beverages from cereal grains-characterization of nutraceutical potential, processing technologies and product types. Heliyon, 9, e16804 (2023)

Pullicin AJ, Penner MH, Lim J. The sweet taste of acarbose and maltotriose: Relative detection and underlying mechanism. Chem Senses, 44, 123-128 (2019).

Rousserie P, Rabot A, Geny-Denis L. From flavanols biosynthesis to wine tannins: What place for grape seeds? J Agric Food Chem, 67, 1325-1343 (2019)

Scott WT, Henriques D, Smid EJ, Notebaart RA, Balsa-Canto E. Dynamic genome-scale modeling of *Saccharomyces cerevisiae* unravels mechanisms for ester formation during alcoholic fermentation. Biotechnol Bioeng, 120, 1998-2012 (2023)

Tarko T, Duda A. Volatilomics of fruit wines. Molecules, 29, 2457 (2024)

Tian TT, Ruan SL, Zhao YP, Li JM, Yang C, Cao H. Multi-objective evaluation of freshly distilled brandy: Characterisation and distribution patterns of key odour-active compounds. Food Chem X, 14, 100276 (2022)

Torres-Guardado R, Rozès N, Esteve-Zarzoso B, Reguant C, Bordons A. Succinic acid production by wine yeasts and the influence of GABA and glutamic acid. Int Microbiol, 27, 505-512 (2024)

Varela C, Torrea D, Schmidt SA, Ancin-Azpilicueta C, Henschke PA. Effect of oxygen and lipid supplementation on the volatile composition of chemically defined medium and chardonnay wine fermented with *Saccharomyces cerevisiae*. Food Chem, 135, 2863-2871 (2012)

Visinoni F, Zhang P, Hollywood KA, Carlin S, Vrhovsek U, Winterburn J, Delneri D. Volatile aroma compound production is affected by growth rate in *S. cerevisiae*. Appl Environ Microbiol, 88, e01509-e01522 (2022)

Wang W, Khalil-Ur-Rehman M, Wei LL, Nieuwenhuizen NJ, Zheng H, Tao JM. Effect of thidiazuron on terpene volatile constituents and terpenoid biosynthesis pathway gene expression of Shine muscat (*Vitis labrusca* × *V. vinifera*) grape berries. Molecules, 25, 2578 (2020)

Wee KI, Kang YH, Lee KT. Physicochemical and sensory quality characteristics of various rice jochung products. Korean J Food Preserv, 23, 804-810 (2016)

Won SH, Kim YJ, Choi KT, Choi JS, Park HD, Lee SB. Fermentation characteristics of unripe *Citrus unshiu* vinegar production using acetic acid bacteria isolated from traditional fermented vinegar. Prev Nutr Food Sci, 29, 220-227 (2024)

Xia EQ, Deng GF, Guo YJ, Li HB. Biological activities of polyphenols from grapes. Int J Mol Sci, 11, 622-646 (2010)

Yang HJ, Ryu GH. Preparation and characterization of *Jochung*, a grain syrup, with apple. J Korean Soc Food Sci Nutr, 39, 132-137 (2010)

Zhao Y, Xu Y, Li J, Fan W, Jiang W. Profile of volatile compounds in 11 brandies by headspace solid-phase microextraction followed by gas chromatography-mass spectrometry. J Food Sci, 74, C90-C99 (2009)

https://doi.org/10.11002/fsp.2026.33.5.972