



Research Article

Fermentation and quality characteristics of ALE beer with the addition of Muscat Bailey A grape

MBA 포도 첨가에 따른 ALE 맥주의 발효 및 품질 특성

Sanghyuk Lee¹, Kyu-Taek Choi², Jun-Su Choi^{2,3}, Jong-Hyeon Lee², Sae-Byuk Lee^{2,3*}

이상혁¹ · 최규택² · 최준수^{2,3} · 이종현² · 이새벽^{2,3*}

¹Department of Venture and Start Up, Korea Agriculture Technology Promotion Agency, Suwon 16506, Korea

²School of Food Science and Biotechnology, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

³Institute of Fermentation Biotechnology, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

¹한국농업기술진흥원 벤처창업본부, ²경북대학교 식품공학부, ³경북대학교 발효생물공학연구소

Abstract This study investigated the fermentation characteristics and quality attributes of ale beer brewed with MBA grapes to enhance the diversity of Korean domestic ale beers. The grapes were added to the wort in two forms: must and juice, at ratios of 10% and 20%. The results showed that while ale beer with 20% grape addition began fermentation a day later, all samples completed fermentation well on the sixth day. Increasing MBA grape content lowered the pH and increased total acidity and malic acid content without significantly affecting the sour taste. Higher grape addition also decreased the beer's IBU and bitterness scores in sensory evaluation. The addition of must addition enhanced redness due to anthocyanins, significantly increasing color intensity and EBC value of ale beer. Ale beer with the addition of must exhibited higher antioxidant capacities in total phenolic compound content, DPPH radical scavenging, and FRAP activities compared to that with the addition of juice. Sensory evaluation indicated that ale beer with 20% juice addition was preferred for its color, aroma, sweetness, body, and overall preference. The addition of MBA must improved antioxidant capacity, but ale beer with 20% juice had superior sensory qualities.

Keywords ale beer, MBA grape, fermentation, sensory quality, fruit beer



OPEN ACCESS

Citation: Lee SH, Choi KT, Choi JS, Lee JH, Lee SB. Fermentation and quality characteristics of ALE beer with the addition of Muscat Bailey A grape. Food Sci. Preserv., 31(4), 633-644 (2024)

Received: July 11, 2024

Revised: July 30, 2024

Accepted: August 05, 2024

***Corresponding author**

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

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

1. 서론

맥주는 전 세계적으로 가장 많이 만들어지고 소비되는 저알코올 음료로서, 맥주 양조의 역사는 인류가 정착하여 농경활동을 시작한 기원전 4,000년경 메소포타미아 문명을 이룩한 수메르 민족이 최초로 만들었다고 보는 것이 정설이다(Jung과 Chung, 2017; Koh, 2005). 오늘날 일반적인 맥주의 양조법은 1516년 독일의 맥주순수령(Reinheitsgebot)이 공포되면서 확립되었고, 우리나라에 맥주가 처음으로 도입된 시기는 1876년 개항 이후 일본으로부터 도입된 것으로 알려져 있다(Jeong 등, 2015). 2023년 국제통계연보에 따르면, 국내 주류산업 규모는 2022년 기준 약 9조 9천억 원이며, 대기업 주류회사에서 생산되는 맥주(41.6%)와 희석식 소주(40.0%)가 전체의 약 81.6%를 차지하고 있고, 탁주를 포함한 전통주류와 수입 주류 등이 나머지를 차지하고 있다(National Tax Service, 2023). 우리나라에서는 2014년 4월 개정된 주세법에 따라 소규모 맥주 제조업체에서도 맥주의 제조 및 판매가 가능해졌으며, 이에 따라 대량 생산에 적합한 저온숙성 방식의 lager 타입 맥주뿐만 아니라 소규모 업체에서 생산하는 중온숙성 방식의 ale 타입 맥주의 생산이 늘어나고 있다(Jung과 Chung, 2017).

상면발효 효모인 *Saccharomyces cerevisiae*로 발효시키는 ale 타입 맥주는 하면발효 효모인 *S. pastorianus*로 발효시키는 lager 타입 맥주와 비교하여 상대적으로 높은 알코올 도수, 진한 맛, 풍부한 향미, 그리고 양조방법에 따라 다양한 특징을 지닌 맥주를 만들 수 있는 것으로 알려져 있으며(Sung과 Lee, 2017), 국내에서도 소비자의 기호성을 고려한 독특한 맥주를 개발하기 위한 노력이 증가하고 있다(Hyeun 등, 2012; Jung과 Chung, 2017; Kim 등, 2013; Roh 등, 2019).

독일과 같은 전통적인 맥주 생산국들이 맥아, 홉, 물만을 이용하여 맥주를 양조하던 것과는 대조적으로, 최근 여러 국가들에서 맥주 양조시에 과일 부산물을 첨가하여 복잡한 관능적 특징과 조화로운 과일향을 지닌 새로운 타입의 맥주를 개발하려는 노력이 이어지고 있다(Martínez 등, 2017b; Nardini와 Garaguso, 2020; Siesto 등, 2023). 대표적으로 Italian grape ale(IGA)이라는 새로운 형태의 과일맥주가 2015년에 개발되었으며, 이는 맥주 양조 시 포도즙을 맥아의 40% 이하로 첨가하여 제조한 맥주를 말한다(Mastrangelo 등, 2023). 포도에는 vitamin, mineral, carbohydrate, edible fiber, phytochemical과 같은 영양성분들이 풍부하게 함유되어 있으며, 특히 anthocyanin, flavanol, flavonol, resveratrol 등의 항산화물질이 타 과실에 비하여 다량 존재하는 것으로 알려져 있다(Xia 등, 2010). Polyphenol 성분들은 맥주에서 거품 안정성, 콜로이드 형성, 이화학적 특성, 저장 기간 등에 관여하여 맥주 양조에서 매우 중요한 역할을 하기 때문에, carotenoid와 polyphenol 등이 다량 함유된 포도 껍질과 과육의 첨가는 맥주의 관능적 품질과 생리활성 물질의 증가에 기여할 수 있다고 보고되고 있다(Baigts-Allende 등, 2021; Leni 등, 2023). 국내에서 재배되고 있는 대부분의 포도는 양조용 포도 품종이 아닌 *Vitis labrusca* 이거나, 또는 *V. vinifera*와 *V. labrusca*를 교잡한 품종들로서 서양의 양조용 포도 품종과 비교하여 산도가 강하며, 당도, 색상, 아로마, 부케, 탄닌 함량 등이 낮아 양조용으로는 부적합하여 생식용으로 많이 이용되고 있다(Choi 등, 2020; Lee와 Kim, 2006). 반면, 국내 포도 품종 중 하나인 Muscat Bailey A(MBA)는 미국종인 Bailey와 유럽종인 Muscat Hamburg를 교배하여 만들어진 품종으로 타 국내 포도 품종 대비 높은 당도와 진한 색상으로 인해 국내에서 재배되는 포도 품종 중 가장 우수한 양조적성을 지닌다고 알려져 있다(Choi 등, 2020).

국내에서 보고된 맥주 관련 연구를 살펴보면, 김치 유산균을 활용한 사워 맥주(Lee 등, 2020), 전통누룩을 이용한 ale 맥주(Jung과 Chung, 2017), 그리고 쌀(Hyeun 등, 2012; Lee 등, 2017; Park 등, 2019), 고구마(Yang 등, 2017), 녹차 추출물(Yom, 2008), 울무미강 추출물(Kim 등, 2023), 자색옥수수(Roh 등, 2019) 등 각종 전분질 또는 부원료를 첨가하여 맥주의 품질 특성을 알아보는 연구가 보고되고 있다. 이들은 양조용 미생물 또는 맥아 대체 원료의 양조 적성, 그리고 기능성 강화를 위한 부원료 사용 등에 치우쳐 있으며, IGA와 같이 양조에

특화된 과실을 첨가하여 맥주의 맛과 향을 개선시킬 수 있는 연구는 거의 이루어지지 않은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 국내 수제맥주의 기호성 향상과 차별화를 위해 국산 양조용 MBA 포도 품종을 다양한 형태와 비율로 첨가하여 맥주의 관능적 품질 향상과 기능성을 강화시킨 고 품질 ale 맥주의 개발 가능성을 알아보려고 하였으며, 이를 통해 국산 농산물의 새로운 활용가치를 부여함과 동시에 국내 수제맥주 시장 발전에 기여하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험 재료 및 사용 균주

본 연구에서 맥주 발효를 위해 *Saccharomyces cerevisiae* Safale S-04(Safale S-04, Fermentis, Marquette-lez-Lille, France)를 사용하였다. 균주 배양은 YPD 액체배지(1.0% yeast extract, 2.0% peptone, 2.0% dextrose)를 사용하여 30°C에서 150 rpm, 24시간 동안 진탕 배양한 후 원심분리기(22k PLUS, Hanil Co., SUPRA Daejeon, Korea)를 이용하여 원심분리(4,973 ×g, 10 min)한 균체를 실험에 사용하였다. 맥아즙에 사용된 맥아는 Pale Ale Malt(Weyermann® Specialty Malts, Bamberg, Germany), 홉은 UK East Kent Golding(Hopunion U.K. Ltd., Tunbridge Wells, UK)을 사용하였다. 맥주에 첨가된 포도는 2019년 경북 경산에서 재배된 Muscat bailey A(MBA) 품종을 사용하였다.

2.2. 맥주의 제조

맥주 양조는 Brewing classic styles에 기술된 English pale ale 양조 방법을 일부 변형하여 진행하였다(Zainasheff and Palmer, 2007). 즉, 3.6 kg의 분쇄 맥아를 9.5 L의 온수(75.7°C)와 혼합하여 45분간 70°C에서 당화과정을 진행하였고, 이후 3.8 L의 열수(95°C)를 추가하여 효소의 불활성화를 진행하였다. 당화가 종료된 후 여과를 통해 맥아를 제거하고 16 L의 온수(80°C)와 62 g의 홉을 첨가하였으며, 홉 성분을 추출하기 위하여 100°C에서 2시간 동안 가열한 다음, 25°C로 냉각하여 발효를 위한 맥아즙을 제조하였다. 포도는 세척, 제경 및 파쇄한 후, 갈변과 잡균 오염을 방지하기 위해 200 mg/L의 potassium metabisulfite(K₂S₂O₅)를 첨가한 후, 5시간 정치한 후 소분하여 실험에 사용하였다. 포도 첨가 형태에 따른 맥주의 특성을 확인하기 위하여 과육, 과피, 씨가 포함된 grape must와 파쇄 후 착즙하여 과육, 과피, 씨를 제거하여 원심분리(4,973 ×g, 10 min)한 grape juice를 각각 맥아즙에 첨가하였다. 이때, must와 juice 첨가비율에 따른 차이를 확인하기 위하여 10%와 20%의 비율로 맥아즙에 첨가하였다. 포도를 첨가한 이후 약 log 6 CFU/mL의 초기 균수를 만들기 위해 전체 발효액 대비 5%(v/v)의 ale용 효모 Safale S-04를 배양하여 맥아즙에 접종하였으며,

20°C에서 6일간 발효를 진행하였다. 발효 종료 후, 맥주의 carbonation을 유도하기 위해 glucose(2.57 g/L)를 첨가하였으며, 빛에 의한 산화를 막기 위해 갈색병에 병입한 상태에서 탄산화(15°C, 14일간)를 진행하여 관능검사를 위한 최종 맥주를 제조하였다.

2.3. 맥주의 발효 특성 분석

맥주의 발효 특성 분석은 발효 중인 시료의 일부를 취한 후, 원심분리(4,973 ×g, 10 min)하여 얻은 상등액을 분석에 이용하였다. pH 분석은 pH meter(MP225K, Mettler-Toledo, Schwerzenbach, Switzerland)를 이용하여 측정하였다. 총산 분석은 AOAC 표준시험법으로 측정하여 젖산 함량으로 환산하였다(AOAC, 2000). 가용성 고형분 측정은 굴절당도계(N-1α, ATAGO Co., Kyoto, Japan)를 이용하였다. 환원당 함량 측정은 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS) 시약을 사용하여 비색 정량법으로 측정하였다(Choi 등, 2023). 즉, 상등액 0.3 mL에 DNS 시약 1 mL를 첨가하고 끓는 물에서 5분간 반응시킨 후, 증류수 7 mL를 첨가하여 분광광도계(UV-1700, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하고 포도당 표준곡선으로부터 환원당 함량을 환산하였다. 알코올 함량의 변화는 국제청 주류분석규정에 따라 진행하였다(National Tax Service Liquors License Support Center, 2014). 즉, 원심분리한 발효액을 mess cylinder를 사용하여 상등액 100 mL를 flask에 분주하고, 이후 증류수 30 mL를 사용하여 mess cylinder를 세척하고 세척 용액을 함께 증류하였다. 1차 증류 후 증류액 70 mL에 증류수 30 mL를 첨가하여 잘 혼합한 뒤, 15°C에서 주정계를 이용하여 측정하였다. 생균수의 변화는 멸균 생리식염수로 발효액을 적절한 배수로 희석한 후 표준 평판 계수법을 이용하여 YPD 고체배지에 도말한 다음 30°C에서 48시간 동안 배양한 후 형성된 colony를 계수하였다.

2.4. 유리당 및 유기산 분석

유리당 및 유기산 조성은 HPLC(Model Prominence, Shimadzu Co.)를 이용하여 분석하였다. 시료는 적절히 희석하여 membrane filter(Millex-HV 0.45 μm, Millipore Co, Burlington, MA, USA)로 여과시킨 후 분석하였다. 유리당 분석에 사용된 column은 Sugar-Pak I(φ6.5×300 nm)을 사용하였고, 이동상은 50 mg/L Ca-ethylenediaminetetraacetic acid(Ca-EDTA)를 사용하였으며, injection volume 10 μL, flow rate 0.5 mL/min, column oven의 온도는 90°C로 설정하여 검출하였다(Lee, 2023). 유기산 분석에 사용된 column은 PL Hi-Plex H(φ7.7×300 nm)를 사용하였고, 이동상은 0.005 M sulfuric acid를 사용하였으며, injection volume 10 μL, flow rate 0.6 mL/min, column oven의 온도는 65°C로 설정하여 검출하였다(Won 등, 2024).

2.5. 색도 분석

맥주의 hue와 intensity는 분광광도계를 이용하여 420 nm, 520 nm에서 시료의 흡광도를 측정하여 다음 계산하여 분석하였다. Hue 값은 420 nm와 520 nm에서 측정된 흡광도의 비율(420/520 nm)로 나타내었으며, intensity 값은 420 nm와 520 nm에서 측정된 흡광도의 합(420+520 nm)으로 나타내었다(Choi 등, 2020). Hunter's color value는 표준 백색판으로 보정한 colorimeter(CM-3600A, Konica Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 명도를 나타내는 L(lightness), 적색을 나타내는 a(redness), 황색을 나타내는 b(yellowness) 값을 측정하였다. European Brewery Convention(EBC) 값은 증류수로 영점이 조정된 분광광도계를 이용하여 가스를 제거한 맥주시료의 흡광도를 측정하였으며, 430 nm에서 측정된 흡광도에 25를 곱하여 계산하였다(Seaton과 Cantrell, 1993).

2.6. 쓴맛 분석

맥주의 쓴맛은 Rigby와 Bethune(1955)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 즉, 50 mL 원심분리 tube에 맥주 시료 10 mL, 6 M hydrochloric acid 0.5 mL, iso-octane 20 mL을 섞은 다음, 20°C에서 130 rpm으로 15분간 혼합한 시료를 원심분리(4,973 ×g, 3 min)하였다. 순수 iso-octane을 대조군으로 하여 원심분리한 시료의 iso-octane층을 분광광도계를 이용하여 275 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 측정된 흡광도에 50을 곱한 값으로 쓴맛을 산출하였다. 쓴맛의 단위는 bitterness unit (IBU)로 표기하였다.

2.7. 항산화능 분석

맥주의 항산화능 분석을 위해 총페놀성 화합물, 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl(DPPH) 라디칼 소거능, ferric ion reducing antioxidant power(FRAP) 활성을 측정하였다. 맥주의 총페놀성 화합물의 함량은 Folin-Denis법을 참조하여 비색 정량하였다(Amerine과 Ough, 1980). 즉, 시료 2 mL에 50% phenol reagent(Folin-Ciocalteu phenol reagent, Junsei Chemical Co., Ltd., Tokyo, Japan) 2 mL를 가한 다음, 3분 동안 실온에서 방치한 후 10% Na₂CO₃(DUKSAN, Ansan, Korea) 2 mL를 첨가하여 1시간 동안 실온의 암실에서 반응시킨 후, 분광광도계를 이용하여 700 nm에서 측정된 흡광도를 이용하였으며, tannic acid(Daejung Chemicals & Metals Co., Ltd, Siheung, Korea) 표준곡선으로 총페놀성 화합물 함량을 환산하였다. 맥주의 DPPH 라디칼 소거능 활성은 적절하게 희석된 맥주 시료 50 μL를 96 well plate에 넣은 후, 150 μL의 0.1 mM DPPH solution(4 mg DPPH/100 mL 50% EtOH)을 첨가한 후, 실온의 암실에서 10분간 반응시킨 다음, multi label counter(Victor3, Perkin Elmer, Waltham, MA, USA)를 이용하여 517 nm에서

측정된 흡광도를 이용하였으며, DPPH radical scavenging activity (%) = 100 - [(OD of sample / OD of control) × 100] 식으로 활성도를 계산하였다. 표준물질로는 ascorbic acid (Daejung Chemicals & Metals Co., Ltd)를 사용하였으며, control은 ethanol을 사용하여 측정하였다(Blois, 1958). 맥주의 FRAP 활성은 Benzie와 Strain(1996)의 연구에서 보고된 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 즉, 적절하게 희석된 맥주 시료 25 μ L를 96 well plate에 넣은 후, pH 3.6으로 조정된 300 mM acetate buffer(Sodium acetate trihydrate, Daejung Chemicals & Metals Co., Ltd), 10 mM 2,4,6-tripyridyl-S-triazine(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)와 20 mM ferric chloride (Sigma Chemical Co.)를 10:1:1(v/v/v) 비율로 제조하여 37°C 항온수조에서 15분간 예비반응시킨 175 μ L의 mixture solution을 첨가하여 실온의 암실에서 30분 동안 반응시켰다. 이후 multi label counter를 이용하여 590 nm에서 흡광도를 측정하였다. FRAP 활성 측정을 위한 표준물질은 trolox를 사용하였으며, 단위는 trolox equivalent mM(TE mM)로 나타내었다.

2.8. 관능평가

맥주의 관능검사는 관능평가 경험이 풍부한 경북대학교 식품공학부 대학원생 19명을 대상으로 본 연구의 실험 방법과 목적을 자세히 설명한 후, 무작위로 제시된 시료에 대하여 색, 향미, 단맛, 쓴맛, 신맛, 바디감, 후미, 탄산감 및 종합적 기호도에 대하여 7점 척도법으로 나타내었으며, 7점(매우 좋다)부터 1점(매우 나쁘다)으로 점수를 산출하였다. 본 연구의 관능검사는 경북대학교 생명윤리심의위원회(Institutional Review Board, IRB)의 규정에 따라 심의를 통과한 후 승인번호(KNU-2019-0010)를 받아 진행하였다.

2.9. 통계 분석

모든 실험 결과는 3회 이상 반복 측정하여 평균±표준편차로 나타내었고, 각 시험구 간의 유의성을 검정하기 위해 SAS 통계 처리(Statistical Analysis System, SAS Institute Inc., Cary, USA)를 이용한 분산분석(ANOVA)과 Duncan의 다중범위검증(Duncan's multiple range test, $p < 0.05$)을 이용하여 유의성을 검증하였다. 요인들간의 상관성은 Pearson의 상관계수(Pearson's correlation coefficient)를 이용하여 유의성을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. MBA 포도 첨가 ale 맥주의 발효 특성

적포도의 주박에는 다양한 anthocyanin 계열의 성분들이 많이 함유되어 있으며, 발효과정 중 maceration에 의해 과피에서 용출되는 다양한 성분들은 와인의 색, 향, 맛 등에 전반적으로

영향을 미치게 된다(Amr 등, 2022; Shi 등, 2023). 본 연구에서는 MBA 포도의 첨가 형태에 따른 ale 맥주의 품질을 비교하기 위하여 과육, 과피, 씨가 함유된 must 형태와 이를 제거한 juice의 형태를 각각 10%와 20%의 비율로 첨가하여 발효를 진행하였다. 발효 과정 중 MBA 포도 첨가 ale 맥주의 당도, 환원당, 생균수, pH, 총산, 알코올 함량 변화를 Fig. 1에 나타내었다. MBA 포도를 첨가하지 않은 ale 맥주의 경우 초기 당도가 11.8 °Brix였으며, 10%의 must와 juice를 첨가한 ale 맥주는 12.1 °Brix, 20%의 must와 juice를 첨가한 ale 맥주는 12.3-12.5 °Brix의 초기 당도를 나타내었다. 20%의 must와 juice를 첨가한 ale 맥주가 다른 시험구에 비하여 발효가 조금 늦게 시작되었지만 2일 차 이후 모든 시험구에서 발효가 활발하게 이루어져 발효를 종료시킨 6일 차에는 5.3-5.8 °Brix를 나타내었다. 환원당 분석 결과, 포도의 첨가량에 따라 환원당의 함량이 증가하였으며, 대조구는 6.3%, 10% 포도를 첨가한 ale 맥주는 6.7-7.1%, 20%의 포도를 첨가한 ale 맥주는 7.9-8.2%의 환원당이 검출되었다. 20%의 must와 juice를 첨가한 ale 맥주는 다른 시험구에 비하여 환원당이 늦게 감소하기 시작하였으며, 발효 종료 시점에는 모든 시험구에서 환원당 함량이 0.27-0.46%를 나타내어 대부분의 당을 발효시킨 것으로 확인되었다. 생균수는 대조구와 10% must와 juice를 첨가한 ale 맥주와 대조구의 경우 발효 1일 차부터 생균수의 함량이 크게 증가하였으며, 20% must와 juice를 첨가한 ale 맥주의 경우 발효 2일 차부터 조금씩 증가하기 시작하는 것으로 확인되어 20% must와 juice를 첨가한 ale 맥주에서 발효가 약간 지연되는 것을 확인하였다.

pH는 발효과정 중 색, 향, 맛, 단백질 안전성 및 미생물학적 안전성 등에 영향을 미치는 요인으로써 알코올성 음료의 전반적인 품질 변화에 중요하다고 알려져 있다(Wee 등, 2018). pH의 경우, 포도의 첨가량이 늘어날수록 포도 내에 존재하는 유기산의 영향에 따라 pH가 낮아져 20% 포도를 첨가한 ale 맥주의 경우, 3.92-3.94로 나타났으며, 10% 포도를 첨가한 ale 맥주의 pH는 4.13-4.14로 나타나 포도를 첨가하지 않은 대조구(4.25)보다 낮은 pH를 나타내었다($p < 0.05$). 총산의 경우, 이와 반대로 포도 첨가량이 늘어날수록 함량이 증가하여 20% 포도를 첨가한 ale 맥주에서 0.26-0.27%, 10% 포도를 첨가한 ale 맥주에서 0.23-0.24%를 나타내어 포도를 첨가하지 않은 대조구(0.20%)보다 높은 함량을 나타내었다($p < 0.05$). 일반적인 맥주의 pH 범위는 3.8-4.6 정도로 알려져 있으며(Siebert와 Lynn, 2007), 발효 초기 pH가 크게 감소하였다가 숙성과정 중 cell autolysis에 의해 0.1가량 증가한다고 보고된 바 있다(Meier-Dörnberg 등, 2017). 본 연구에서도 발효 2일 차까지 pH가 감소한 이후 비슷한 범위로 유지되었으며, 총산 역시 2일 차까지 크게 증가하였다가 비슷한 범위로 유지되었다. 또한, 맥주 제조 공정 중 맥아즙의 pH는 mashing, boiling 등을 거치며 조금씩 낮아져 발효 초기 단계에는 5.3 내외를 나타내는 경우가 많으

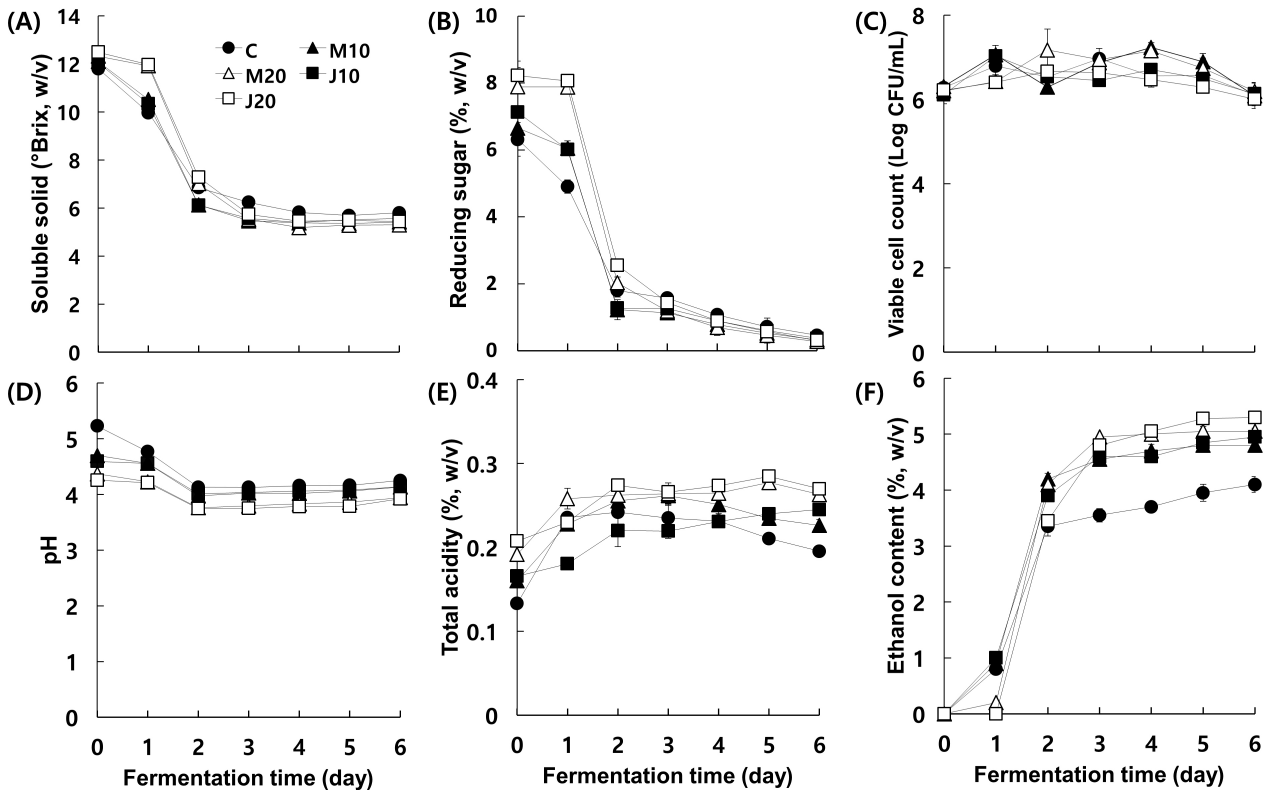


Fig. 1. Changes in the soluble solid (A), reducing sugar (B), viable cell count (C), pH (D), total acidity (E), and ethanol content (F) of ale beers with addition of different concentrations of MBA grape must and juice during fermentation. C, wort only; M10, wort with addition of 10% grape must; M20, wort with addition of 20% grape must; J10, wort with addition of 10% grape juice; J20, wort with addition of 20% grape juice

며, 맥주 효모는 맥아즙의 pH가 5.3-5.6일 때 아미노산을 효율적으로 이용하여 발효를 원활하게 한다고 보고되어 있다 (MacWilliam, 1975). 본 연구에서 20% 포도를 첨가한 ale 맥주의 초기 발효가 지연된 현상은 포도 첨가에 따라 pH가 낮아진 맥아즙 환경에 효모가 적응하는 데 시간이 걸린 것으로 판단된다. 알코올 함량 분석 결과, 당도, 환원당, 생균수의 결과와 마찬가지로 20% must와 juice를 첨가한 ale 맥주 시험구에서 초기 알코올 생성속도가 지연되는 것을 확인하였으며, 발효가 종료되는 시점에 포도를 넣지 않은 대조구에서 가장 낮은 4.1%, 포도를 첨가한 ale 맥주에서 포도 첨가량에 따라 4.8-5.3%의 알코올이 생성되었다($p < 0.05$).

3.2. 유리당 및 유기산 함량

발효가 종료된 MBA 포도 첨가 ale 맥주의 유리당과 유기산 함량을 분석한 결과를 Table 1에 나타내었다. 유리당 분석 결과, 모든 시료에서 glucose는 검출되지 않았으며, fructose도 매우 낮은 함량이 확인되어 대부분의 당이 발효과정에 이용된 것을 확인할 수 있었다. Maltose의 경우, MBA 포도를 첨가하지

않은 대조구에서 가장 높은 1.24 mg/mL가 확인되었으며, 포도 첨가량에 따라 maltose의 함량이 낮게 확인되었다. Maltose는 2개의 glucose가 결합된 이당류로서 맥아를 구성하는 당분 중 가장 많은 함량을 지니고 있다고 알려져 있다 (Meneses 등, 2002). 하지만, 실제 맥주를 발효하는 과정 중에는 이당류인 maltose보다는 단당류인 glucose와 fructose가 먼저 발효가 되며, 이들 단당류가 존재할 때는 maltose의 분해가 저해되는 현상이 보고된 바 있다 (Meneses 등, 2002). 본 연구에서도 첨가된 포도에 존재하는 glucose와 fructose가 maltose보다 우선적으로 소모된 것으로 보여진다. 맥주에서 주로 발견되는 유기산은 citric, acetic, lactic, pyruvic, malic, succinic acid 등이 있으며, 이들은 맥아즙으로부터 유래하기도 하지만, 대부분은 효모의 대사과정 중 발생되어 최종적으로 맥주의 신맛, 쓴맛 또는 짠맛에 관여한다 (Cioch-Skoneczny 등, 2023a; Cioch-Skoneczny 등, 2023b). 유기산 분석 결과, MBA 포도의 첨가량이 많아질수록 포도의 주요 유기산인 malic acid 함량이 증가하였으며, lactic acid 함량은 감소하였다. 또한, MBA 포도를 첨가한 ale 맥주에서 대조구보다 약간 높은 succinic acid 함량을 나타내었다.

Table 1. Free sugar and organic acid contents of ale beers with addition of different concentrations of MBA grape must and juice after fermentation

Sample ¹⁾	Free sugar content (mg/mL)				Organic acid content (mg/mL)			
	Sucrose	Maltose	Glucose	Fructose	Malic acid	Succinic acid	Lactic acid	Acetic acid
C	ND ²⁾	1.24±0.00 ^a	ND	0.08±0.01 ^d	0.69±0.00 ^d	0.53±0.00 ^c	0.36±0.00 ^a	0.21±0.01 ^a
M10	ND	1.05±0.01 ^b	ND	0.13±0.00 ^c	0.90±0.01 ^c	0.70±0.00 ^c	0.27±0.00 ^b	0.03±0.01 ^b
M20	0.13±0.01 ^{3) b4)}	0.85±0.00 ^c	ND	0.25±0.01 ^b	1.38±0.01 ^a	0.72±0.00 ^b	0.16±0.01 ^c	0.02±0.00 ^b
J10	0.09±0.01 ^c	0.86±0.01 ^c	ND	0.23±0.01 ^b	0.96±0.00 ^b	0.76±0.00 ^a	0.26±0.01 ^b	0.01±0.01 ^b
J20	0.15±0.00 ^a	0.63±0.00 ^d	ND	0.57±0.00 ^a	1.41±0.01 ^a	0.66±0.00 ^d	0.15±0.00 ^c	ND

¹⁾C, wort only; M10, wort with addition of 10% grape must; M20, wort with addition of 20% grape must; J10, wort with addition of 10% grape juice; J20, wort with addition of 20% grape juice.

²⁾ND, not detected.

³⁾All values are mean±SD (n=3).

⁴⁾Different superscript letters (^{a-d}) within the same column indicate significant differences (p<0.05).

효모는 발효과정 중 glucose가 부족한 경우에 ethanol을 자화하여 acetic acid로 전환시킨다고 알려져있기도 하며(Moktaduzzaman 등, 2015), 본 연구에서는 포도를 첨가하지 않은 ale 맥주에서 타 시험구보다 약간 높은 acetic acid가 확인되었다.

3.3. 색도 및 쓴맛 특성

맥주의 색은 주로 맥아와 홉으로부터 추출되는 polyphenol 물질들의 산화에 의해 영향을 받으며, 색도에 따라 light yellow (2-4 EBC), golden(6-18 EBC), amber(20-30 EBC), dark stout (70-140 EBC) 등으로 구분되어진다(Cioch-Skoneczny 등, 2023b). Polyphenol 성분들은 원료로부터 기인하기도 하지만, 홉 첨가량, 가열온도 및 시간 등 양조 공정에 의해 큰 영향을 받으며, 이 성분들의 함량에 따라 생리활성 효과 이외에도 맥주의 외관, 맛, 식감, 향미, 쓴맛 등 관능적 특성을 부여하는 역할을 한다(Veljovic 등, 2015). 맥주의 쓴맛은 주로 홉에서 추출되는 trans와 cis형의 isochumulone, isohumulone, isoadhumulone 등 여섯가지 iso- α -acid로부터 유래하며, 자비공정 이후 지속적으로 분해되는데 열과 빛에 의한 산화에 의해 촉진될 수 있다(Caballero 등, 2012; Vanderhaegen 등, 2006). 본 연구에서는 MBA 포도 첨가가 맥주의 발효과정 중 맥주의 색도에 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위하여 Hunter's color value를 비롯하여 hue와 intensity 값을 측정하였으며, 맥주의 색도 분석에 이용되는 EBC값을 측정하였다. 또한, MBA 포도 첨가에 의해 변화된 색도와 맥주의 쓴맛 간의 상관관계를 알아보고자 하였다.

MBA 포도 첨가에 따른 ale 맥주의 발효 과정 중 변화되는 Hunter's color value를 관찰한 결과를 Table 2에 나타내었다. 명도를 나타내는 L값은 포도를 첨가하지 않은 대조구와 juice를 첨가한 ale 맥주에서는 발효과정 동안 큰 변화가 발생되지 않았으나, must를 첨가한 ale 맥주에서는 발효가 진행되면서

조금씩 감소하는 경향을 나타내었다. 적색도를 나타내는 a값은 포도를 첨가하지 않은 대조구에서는 발효과정 중 큰 변화가 없었지만, 포도를 첨가한 ale 맥주에서는 모두 발효 5일 차까지 증가하다가 발효 6일 차에 약간 감소하였다. 포도 첨가 형태 및 함량을 비교하였을 때, must를 첨가한 ale 맥주가 juice를 첨가한 ale 맥주보다 높은 a값을 나타내었으며, 첨가량이 증가할수록 a값이 증가하였다. 황색도를 나타내는 b값의 경우, 모든 시험구에서 발효 초기 b값이 감소하다가 발효 중기 이후부터 다시 증가하는 경향을 나타내었으며, 포도의 첨가량이 증가할수록 b값이 감소하였다. Martinez 등(2017a)의 연구에 따르면, 맥주의 발효 과정 중 L값은 발효 초기 일부 증가하였다가 발효 과정 중 큰 변화없이 유지되었으며, a값은 발효가 진행될수록 조금씩 증가하였고, b값은 발효가 진행되면서 감소하였다고 보고하였다. MBA 포도와인의 품질 특성을 조사한 Choi 등(2002)의 연구에 따르면, MBA 와인은 발효 초기 L값이 크게 감소하여 서서히 증가하였고, a값은 발효 전반에 걸쳐 증가하였으며, b값은 발효 중기까지 증가하다가 서서히 감소한다고 보고하였다. 본 연구에서는 juice를 첨가한 ale 맥주보다 포도 과피 등을 다량 함유한 must를 첨가한 ale 맥주의 L, a, b값이 MBA 와인의 색도 변화와 비슷한 양상을 나타내는 것을 확인하였다.

MBA 포도 첨가에 따른 최종 ale 맥주의 색도 분석을 위한 hue, intensity, EBC, 그리고 맥주의 쓴맛을 비교한 결과를 Table 3에 나타내었다. Hue의 경우, 포도를 첨가하지 않은 대조구와 비교하였을 때, 포도의 첨가량이 늘어날수록 감소하였으며, juice보다 must를 첨가할 때 더 감소하는 경향을 나타내었다. Intensity의 경우, juice 첨가는 ale 맥주에 큰 영향을 주지 않았으나, must를 첨가한 경우, 첨가량에 따라 intensity가 증가하는 경향을 나타내었다. EBC의 경우, must 첨가량이 늘어날

Table 2. Changes in Hunter's color values of ale beers with addition of different concentrations of MBA grape must and juice during fermentation

Color	Day	Sample ¹⁾				
		C	M10	M20	J10	J20
L (lightness)	0	57.59±0.09 ^{2)(d3)A4)}	56.65±0.06 ^{aC}	55.86±0.01 ^{aE}	56.79±0.02 ^{dB}	56.06±0.02 ^{dD}
	1	58.56±0.01 ^{aA}	55.12±0.01 ^{bC}	52.81±0.02 ^{bE}	57.37±0.00 ^{aB}	54.88±0.01 ^{eD}
	2	58.22±0.02 ^{bA}	54.93±0.01 ^{cD}	51.02±0.01 ^{dE}	56.85±0.01 ^{cB}	55.71±0.03 ^{dC}
	3	58.14±0.01 ^{cA}	54.24±0.01 ^{dD}	52.05±0.01 ^{eE}	57.11±0.02 ^{bB}	56.80±0.01 ^{cC}
	4	58.70±0.12 ^{aA}	53.36±0.01 ^{cD}	50.07±0.01 ^{eE}	56.91±0.07 ^{cB}	55.77±0.08 ^{dC}
	5	58.29±0.22 ^{bC}	53.25±0.02 ^{dD}	46.80±0.05 ^{eE}	55.18±0.02 ^{bB}	53.89±0.05 ^{eC}
	6	57.58±0.01 ^{dA}	52.47±0.01 ^{eD}	49.42±0.02 ^{fE}	57.09±0.04 ^{bB}	56.14±0.03 ^{bC}
a (redness)	0	-0.90±0.01 ^{bE}	0.73±0.01 ^{aC}	2.12±0.01 ^{aA}	0.14±0.01 ^{dD}	1.27±0.01 ^{eB}
	1	-0.93±0.01 ^{cE}	1.79±0.00 ^{fC}	5.26±0.00 ^{fA}	0.54±0.00 ^{cD}	2.39±0.01 ^{dB}
	2	-1.11±0.01 ^{cE}	3.22±0.01 ^{eB}	8.22±0.00 ^{dA}	0.70±0.01 ^{dD}	2.76±0.01 ^{cC}
	3	-1.09±0.01 ^{cE}	3.70±0.00 ^{dB}	7.50±0.01 ^{eA}	0.36±0.01 ^{fD}	2.38±0.00 ^{dC}
	4	-0.97±0.01 ^{dE}	4.46±0.00 ^{bB}	9.62±0.00 ^{bA}	0.80±0.01 ^{bD}	2.87±0.01 ^{bC}
	5	-0.98±0.01 ^{dE}	4.58±0.00 ^{aB}	12.37±0.02 ^{aA}	1.60±0.00 ^{aD}	4.09±0.00 ^{aC}
	6	-0.82±0.01 ^{aE}	4.43±0.01 ^{eB}	9.18±0.00 ^{eA}	0.76±0.01 ^{cD}	2.36±0.01 ^{dC}
b (yellowness)	0	15.25±0.02 ^{aB}	15.87±0.05 ^{aA}	11.78±0.01 ^{aC}	11.76±0.00 ^{cC}	10.55±0.01 ^{dD}
	1	14.48±0.01 ^{bA}	12.49±0.01 ^{cC}	10.16±0.01 ^{bE}	12.88±0.00 ^{aB}	10.60±0.01 ^{bD}
	2	11.88±0.01 ^{aA}	9.90±0.01 ^{aC}	7.23±0.01 ^{fE}	10.99±0.01 ^{cB}	8.67±0.00 ^{eD}
	3	12.21±0.01 ^{cA}	11.09±0.01 ^{bB}	7.26±0.01 ^{fE}	8.29±0.01 ^{dD}	8.72±0.00 ^{fC}
	4	13.18±0.02 ^{dA}	12.02±0.00 ^{eB}	8.67±0.01 ^{eE}	10.85±0.01 ^{fC}	9.36±0.01 ^{dD}
	5	13.31±0.05 ^{eA}	12.38±0.01 ^{dC}	9.88±0.02 ^{dE}	12.76±0.00 ^{bB}	11.89±0.01 ^{aD}
	6	12.97±0.01 ^{fA}	12.76±0.01 ^{bB}	10.02±0.01 ^{cD}	11.05±0.00 ^{dC}	9.45±0.01 ^{eE}

¹⁾C, wort only; M10, wort with addition of 10% grape must; M20, wort with addition of 20% grape must; J10, wort with addition of 10% grape juice; J20, wort with addition of 20% grape juice.

²⁾All values are mean±SD (n=3).

³⁾Different superscript letters within the same column indicate significant differences (p<0.05).

⁴⁾Different superscript letters within the same row indicate significant differences (p<0.05).

수록 값이 증가하는 반면, juice 첨가량이 늘어날수록 값이 감소하는 경향을 나타내었다. 맥주의 쓴맛을 나타내는 IBU는 포도의 첨가량이 증가할수록 감소하였으나, 포도 첨가 형태에 따라서는 큰 차이가 존재하지 않았다. 맥주의 각 색도와 쓴맛 간의 상관관계를 비교한 결과를 Table 4에 나타내었다. 맥주의 쓴맛은 hue와 양의 상관관계를 나타내었으며, intensity와 EBC와는 음의 상관관계를 나타내었다. 색도 간의 상관관계를 비교하였을 때는, hue는 intensity, EBC와 음의 상관관계를 나타내었으며, intensity와 EBC 간에는 양의 상관관계를 나타내었다. 포도 must, pulp, marc를 첨가한 후 다양한 효모를 이용하여 맥주를 발효시킨 Cioch-Skoneczny 등(2023b)의 연구 결과에 따르면, *Metschnikowia pulcherrima* MG970690로 발효시킨 맥주에서는 포도를 첨가하였을 때, EBC 값이 감소하였지만,

Dekkera bruxellensis 3429와 *S. cerevisiae* Safale US-05로 발효시킨 맥주에서는 20%의 포도 must를 첨가하였을 때, EBC 값이 증가하였다고 보고하였다. Mastrangelo 등(2023)의 연구에 따르면, 포도 must, pomace 등을 첨가한 ale 맥주가 상업용 IGA와 마찬가지로 포도를 넣지 않은 대조구보다 훨씬 어둡고 진한 붉은색의 hue 값을 가지며, 낮은 IBU를 가진다고 보고하였다.

3.4. 항산화능

맥주의 항산화능은 맥주에 함유된 다양한 polyphenol 성분들, 그리고 양조 공정 중 발생하는 Maillard 성분들에 영향을 많이 받으며, 이들은 맥아와 홉에서 유래되는 것으로 알려져 있

Table 3. The color values and bitterness of ale beers with addition of different concentrations of MBA grape must and juice after fermentation

Sample ¹⁾	Color values			Bitterness (IBU)
	Hue	Intensity	EBC unit	
C	4.18±0.05 ^{2)a3)}	0.60±0.00 ^c	9.00±0.00 ^c	24.73±0.18 ^a
M10	2.24±0.01 ^c	0.85±0.00 ^b	11.87±0.01 ^b	19.05±1.08 ^b
M20	1.65±0.01 ^d	0.99±0.00 ^a	12.50±0.00 ^a	17.37±0.98 ^c
J10	3.11±0.00 ^b	0.54±0.00 ^c	8.35±0.00 ^d	20.15±0.66 ^b
J20	2.21±0.01 ^c	0.58±0.00 ^d	7.82±0.01 ^c	17.65±0.39 ^c

¹⁾C, wort only; M10, wort with addition of 10% grape must; M20, wort with addition of 20% grape must; J10, wort with addition of 10% grape juice; J20, wort with addition of 20% grape juice.

²⁾All values are mean±SD (n=3).

³⁾Different superscript letters ("") within the same column indicate significant differences (p<0.05).

Table 4. The correlation coefficients between color values and bitterness unit of ale beers with addition of MBA grape after fermentation

	Color values			Bitterness unit (IBU)
	Hue	Intensity	EBC unit	
Hue	-	-0.67439 ^{***}	-0.54192 ^{**}	0.87721 ^{****}
Intensity		-	0.97049 ^{****}	-0.64125 ^{**}
EBC			-	-0.48349 ^{**}
Bitterness				-

Significant differences at ^{**}p<0.1, ^{***}p<0.01, and ^{****}p<0.0001.

다(Veljovic 등, 2015). 적포도에 다량 함유된 anthocyanin 계열의 색소 역시 와인의 항산화능에 깊은 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며(Choi 등, 2020), 본 연구에서는 MBA 포도의 첨가가 맥주의 항산화능에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. MBA 포도 첨가에 따른 ale 맥주의 총페놀성 화합물, DPPH 라디칼 소거능, FRAP 활성을 분석한 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 총페놀성 화합물 분석 결과, 발효 0일 차에 포도를 첨가한 모든 ale 맥주에서 770.1-799.5 mg/L로 포도를 첨가하지 않은 대조구(748.0 mg/L)보다 총페놀성 화합물 함량이 증가함을 알 수 있었다. 또한, 모든 시험구에서 발효가 종료된 시점에서 총페놀성 화합물 함량이 일부 증가하였으며, 20%의 must를 첨가한 ale 맥주에서 842.5 mg/L로 가장 높은 함량을 나타내었다. DPPH 라디칼 소거능은 발효 전 모든 시험구에서 50.9-51.8%로 유의적인 차이를 나타내지 않았지만, 발효가 종료된 시점에서 52.5-54.9%로 모든 시험구에서 유의적으로 증가하였으며, 20%의 must를 첨가한 ale 맥주에서 가장 높은 활성을 나타내었다. 발효 초기 맥주의 FRAP 활성은 must를 첨가한 ale 맥주에서 3.23-3.41 mM TE/L로 포도를 첨가하지 않은 대조구(3.15 mM TE/L)와 juice를 첨가한 ale 맥주(3.15-3.21 mM TE/L)보다 높게 확인되었으며, 모든 시험구에서 발효가 종료된

시점에서 FRAP 활성이 증가하였다. 특히, 20% must와 juice를 첨가한 ale 맥주 시험구에서 FRAP 활성이 유의적으로 증가하였다.

맥주 양조 단계별로 phenolic compound와 항산화활성을 측정하여 비교한 Pascoe와 Ames(2003)의 연구에 따르면, catechin, ferulic, vanillic, chlorogenic, p-coumaric acid가 발견되었으며, mashing 이후 함량이 크게 증가하여 흡을 자비하는 과정에서 해당 성분들의 함량이 가장 높게 확인되었고, beer filtration 과정에서 크게 감소하였다가 병입, 살균 공정에서 어느 정도 회복되어 저장기간 중에는 큰 변화가 없었다고 보고되었다. 또한, ABTS, FRAP 활성을 단계별로 분석하였을 때도, 발효 공정 이후 항산화 활성이 증가하다가 beer filtration 과정에서 항산화 활성이 크게 감소하였다가 병입, 살균 공정에서 항산화 활성이 일부 회복되었으며 저장기간 중에는 큰 변화가 없었다고 보고되었다. Prokupac 포도 품종을 20%와 30% 비율로 첨가하여 lager 맥주의 발효 특성을 조사한 Veljovic 등(2015)의 연구에 따르면, 포도를 첨가하였을 때, 총페놀성 화합물 함량, DPPH와 FRAP 활성이 증가하였으며, 포도 함량에 따라서는 큰 차이가 없다고 보고하였다. 체리, 라즈베리, 복숭아, 살구, 포도, 자두, 오렌지 껍질, 사과 등 다양한 과실을 첨가하여 제조한 과일

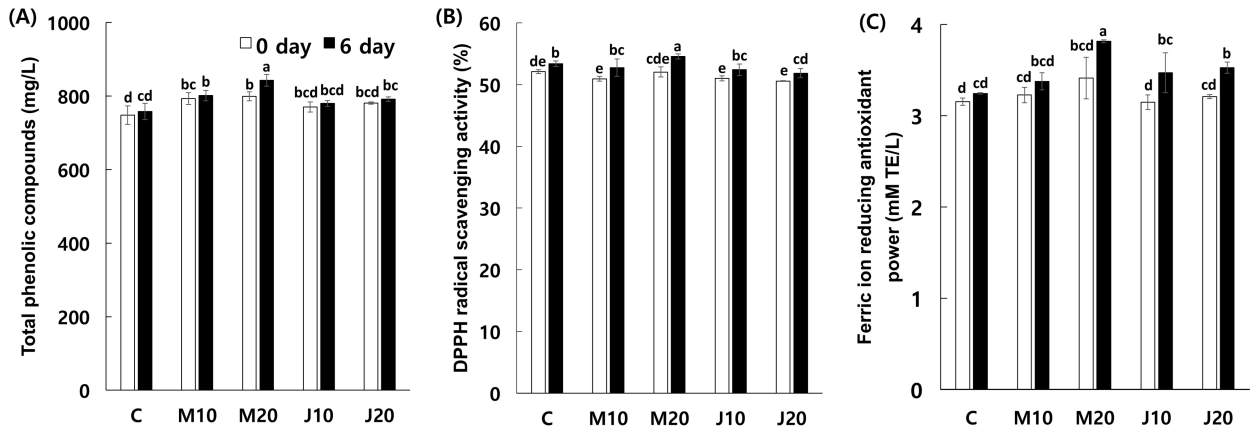


Fig. 2. Total phenolic compound (A), DPPH free radical scavenging activity (B), and ferric ion reducing antioxidant power (C) of ale beers with addition of different concentrations of MBA grape must and juice before and after fermentation. C, wort only; M10, wort with addition of 10% grape must; M20, wort with addition of 20% grape must; J10, wort with addition of 10% grape juice; J20, wort with addition of 20% grape juice. Different letters on the bar indicate significant differences within the treatment ($p < 0.05$).

맥주의 항산화능을 비교한 Nardini와 Garaguso(2020)의 연구에 따르면, 살구와 사과를 제외한 대부분의 과일맥주에서 전통적인 맥주보다 총페놀성 화합물, 총 플라보노이드, 항산화능이 높게 확인되었으며, 이들 간에 높은 상관관계가 확인되었다고 보고하였다. 본 연구에서는 must와 juice 첨가에 따라 항산화능의 증가량이 다르게 나타났으며, 과피가 다량 함유된 must를 첨가한 ale 맥주에서 항산화능이 더욱 증가하는 것으로 확인되었다.

3.5. 관능평가

MBA 포도 첨가에 따른 ale 맥주의 관능평가는 색, 향미, 단맛, 쓴맛, 신맛, 바디감, 후미, 탄산감 및 종합기호도 등, 총 아홉가지 항목에서 조사하였으며, 그 결과를 Table 5에 나타내었다. 색 항목에서는 must 첨가보다는 juice를 첨가하였을 때, 그리고 10% 포도 첨가보다는 20% 포도를 첨가하였을 때, 더 높

은 점수를 받았으며, 최종적으로 20% juice를 첨가한 ale 맥주가 가장 높은 색 점수를 받았다. 10% must와 juice를 첨가한 ale 맥주는 포도를 첨가하지 않은 대조구보다 오히려 낮은 점수를 받았다. 향미 항목에서는 포도를 첨가한 모든 ale 맥주에서 대조구보다 높은 점수를 받았으며, 포도 첨가량이 늘어날수록, 그리고 must보다는 juice 첨가 ale 맥주에서 더 높은 점수를 받았다. 단맛 항목에서는 10% must를 제외한 포도 첨가 ale 맥주들이 대조구보다 높은 점수를 받았으며, 20% juice를 첨가하였을 때, 가장 높은 단맛 점수를 받았다. 쓴맛 항목에서는 포도의 첨가량이 증가할수록 더 낮은 점수를 받았으며, 이는 포도의 첨가가 맥주의 쓴맛을 희석시켰기 때문으로 보여진다. 신맛과 후미의 경우에는 시험구별로 특별한 경향을 나타내지 않았으며, 포도 첨가량이 맥주 본연의 신맛과 후미에 큰 영향을 주지 못하였기 때문으로 보여진다. 바디감의 경우에는 10% 포도를 첨가한 ale 맥주는 대조구보다 낮은 점수를 받았지만, 20% 포도

Table 5. Sensory evaluation of final ale beers with addition of different concentrations of MBA grape must and juice

Sample ¹⁾	Color	Flavor	Sweetness	Bitterness	Sourness	Body	Aftertaste	Carbonate	Overall preference
C	5.89±1.56 ^{2)ab3)}	4.74±1.05 ^a	4.26±1.28 ^a	4.74±1.28 ^a	4.79±1.40 ^a	5.05±0.85 ^a	4.79±0.92 ^a	5.00±1.45 ^a	5.32±1.29 ^a
M10	5.05±0.85 ^b	4.95±1.51 ^a	4.11±1.33 ^a	4.37±1.83 ^a	4.37±1.61 ^a	4.42±1.30 ^a	4.42±1.50 ^a	4.74±1.69 ^a	4.53±1.26 ^a
M20	6.00±1.20 ^{ab}	5.26±1.19 ^a	4.47±1.07 ^a	4.21±1.78 ^a	4.79±1.27 ^a	5.21±1.27 ^a	4.53±1.58 ^a	4.79±0.85 ^a	4.68±1.80 ^a
J10	5.53±0.96 ^b	5.05±1.27 ^a	4.79±1.08 ^a	4.59±1.75 ^a	4.47±1.47 ^a	4.84±1.38 ^a	4.37±1.34 ^a	4.74±1.94 ^a	5.21±1.03 ^a
J20	6.53±0.96 ^a	5.58±0.90 ^a	5.16±1.34 ^a	4.26±2.00 ^a	4.58±1.54 ^a	5.37±1.12 ^a	4.74±1.15 ^a	5.11±1.33 ^a	5.74±1.59 ^a

¹⁾C, wort only; M10, wort with addition of 10% grape must; M20, wort with addition of 20% grape must; J10, wort with addition of 10% grape juice; J20, wort with addition of 20% grape juice.

²⁾All values are mean±SD (n=19).

³⁾Different superscript letters (^{a,b}) within the same column indicate significant differences ($p < 0.05$).

를 첨가한 ale 맥주들은 대조구보다 높은 점수를 받았다. 탄산감의 경우, 20% juice를 첨가한 맥주가 대조구보다 약간 높은 점수를 받았지만, 나머지 시험구는 모두 대조구보다 낮은 점수를 받았으며, 포도 첨가가 탄산감에 큰 영향을 주지는 못하는 것으로 보여진다. 전반적인 기호도의 경우, must를 첨가한 ale 맥주가 포도를 첨가하지 않은 대조구보다 낮은 점수를 받았으며, 20% juice를 첨가한 ale 맥주에서 가장 높은 점수를 받았다. 종합하자면, must를 첨가한 ale 맥주는 무첨가구와 비교하여 향미에서는 좋은 평가를 받을 수 있지만, 대부분의 항목에서 아주 특별하게 맥주의 관능적 특징을 향상시키지는 못하는 것으로 판단되며, juice를 첨가한 ale 맥주는 통계적으로 유의적인 차이가 나타나진 않았지만, 첨가량이 증가할수록 색, 향, 단맛, 바디감, 탄산감, 전반적인 기호도에서 더 높은 점수를 받았으며, MBA juice 첨가를 통해 다양한 타입의 ale 맥주를 만드는 데 기여할 수 있을 것으로 보여진다.

4. 요약

본 연구는 국내 수제맥주의 품질 고급화 및 다양한 제품 개발을 위하여 국내 포도 품종 중 당도가 높고 양조적성이 뛰어난 MBA 포도를 첨가한 ale 맥주를 개발하고자 하였다. 포도의 첨가 방법은 과육과 과피가 포함된 must, 과육과 과피를 제거한 juice를 각각 10%와 20%의 비율로 맥아즙에 첨가하였다. 이후 6일간 발효하며 각종 발효특성, 유리당, 유기산, 색도, 쓴맛, 향산화능 등을 분석하였으며, 15°C에서 14일간 탄산화를 진행시킨 후 관능검사를 진행하였다. 20% 포도를 첨가한 ale 맥주는 나머지 시험구와 비교하여 발효가 하루 늦게 시작되었지만, 발효 6일 차에 모든 포도 첨가 ale 맥주가 정상적으로 발효를 종료하였다. MBA 포도는 malic acid를 다량 함유하고 있기 때문에 첨가량이 증가할수록 ale 맥주의 pH는 낮아지고 총산도와 malic acid 함량은 증가하였지만, 실제 맥주의 신맛에 크게 관여하지는 않는 것으로 보여졌다. MBA 포도의 첨가량이 늘어날수록 맥주의 쓴맛을 나타내는 IBU가 감소하였으며, 관능검사에서도 쓴맛 점수가 감소하는 것으로 나타났다. 맥주의 외관을 평가할 수 있는 색도에서는 must를 첨가하였을 때, 포도 과피에서 용출된 anthocyanin에 의해 적색도가 증가하였으며, intensity와 EBC도 유의적으로 증가하였다. 포도 첨가 ale 맥주의 향산화능은 juice보다는 과피가 함유된 must를 첨가한 ale 맥주에서 좀 더 높은 총페놀성 화합물 함량과 DPPH 라디칼 소거능, FRAP 활성을 나타내었다. 관능검사 결과에서는 색, 향, 단맛, 바디감, 전반적인 기호도 면에서 20% juice를 첨가한 ale 맥주가 높은 평가를 받았다. 종합하자면, MBA must를 첨가한 맥주는 향산화능은 우수하지만, 실제 소비자 기호도를 고려하였을 때는 20% juice를 첨가한 ale 맥주가 관능적으로 우수한 품질을 나타낼 것으로 판단된다.

Funding

None.

Acknowledgements

None.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interest.

Author contributions

Conceptualization: Lee SH, Choi KT, Choi JS, Lee SB. Methodology: Lee SH, Choi KT, Choi JU. Formal analysis: Lee SH, Lee JH. Validation: Choi KT, Lee SB. Writing - original draft: Lee SH, Lee JH, Lee SB. Writing - review & editing: Choi KT, Choi JS, Lee SB.

Ethics approval

This research was approved by IRB from Kyungpook National University (approval no. KNU-2019-0010).

ORCID

Sanghyuk Lee (First author)

<https://orcid.org/0009-0003-0443-2898>

Kyu-Taek Choi

<https://orcid.org/0000-0002-2769-3308>

Jun-Su Choi

<https://orcid.org/0000-0002-6678-5803>

Jong-Hyeon Lee

<https://orcid.org/0009-0002-8075-0698>

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)
- Amr A, Jaradat S, AlKhatib H, Hamadneh I, Hamadneh L, Hodali H, Zeadeh M, Shahein M. Extraction of anthocyanins from black grape by-products and improving their stability using cobalt (II) complexation. *Prev Nutr Food Sci*, 27, 457-463 (2022)
- AOAC. Official Method of Analysis. 17th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA, p 210-219 (2000)
- Baigts-Allende DK, Pérez-Alva A, Ramírez-Rodrigues MA,

- Palacios A, Ramirez-Rodrigues MM. A comparative study of polyphenolic and amino acid profiles of commercial fruit beers. *J Food Compos Anal*, 100, 103921 (2021)
- Benzie IFF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Anal Biochem*, 239, 70-76 (1996)
- Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1200 (1958)
- Caballero I, Blanco CA, Porras M. Iso- α -acids, bitterness and loss of beer quality during storage. *Trends Food Sci Technol*, 26, 21-30 (2012)
- 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 (2023a)
- Choi KT, Lee SB, Jeon SH, Lee WC, Choi JS, Park HD. Quality characteristics and antioxidant activities of Muscat Bailey A wines mixed with different types of aronia. *Korea J Food Preserv*, 27, 74-84 (2020)
- Cioch-Skoneczny M, Cichón N, Satora P, Skoneczny S. Physicochemical characteristics of beer with grape must addition produced using non-*Saccharomyces* yeasts. *Eur Food Res Technol*, 249, 903-912 (2023a)
- Cioch-Skoneczny M, Królak K, Tworzydło Z, Satora P, Skoneczny S. Characteristics of beer brewed with unconventional yeasts and addition of grape must, pulp and marc. *Eur Food Res Technol*, 249, 699-711 (2023b)
- Hyeun SK, Kwon YA, Lee SJ. Quality characteristics of brewed beer with rice adjunct. *Food Eng Prog*, 16, 139-144 (2012)
- Jeong C, Park CS, Yeo SH, Jo HC, Noh BS. *Brewing Science*. Kwangmoonkak, Paju, Korea, p 17-34 (2015)
- Jung S, Chung CH. Production and properties of ale beer with Nuruk, a Korean fermentation starter. *Korean J Food Sci Technol*, 49, 132-140 (2017)
- Kim KH, Park SJ, Kim JE, Dong HM, Park IS, Lee JH, Hyun SY, Noh BS. Assessment of physicochemical characteristics among different types of pale ale beer. *Korean J Food Sci Technol*, 45, 142-147 (2013)
- Kim YS, Yong JE, Kang ST. Quality characteristics of beer produced using *Coix lacryma-jobi* bran extract. *J East Asian Soc Diet Life*, 33, 1-9 (2023)
- Koh JS. *Alcoholic Beverage*. Yuhan Publishing Co., Seoul, Korea, p 60-70, 90-91 (2005)
- Lee HY, Lim JG, Ko YM, Goh YJ, Choi SJ, Ham JK. Evaluation of sour beer using kimchi lactic acid bacteria. *Korean J Microbiol*, 56, 368-379 (2020)
- Lee JK, Kim JS. Study on the deacidification of wine made from Campbell Early. *Korean J Food Sci Technol*, 38, 408-413 (2006)
- Lee SB. Quality characteristics and antioxidant activities of six types of Korean white wine. *Foods*, 12, 3246 (2023)
- Lee SK, Park JY, Park HY, Choi HS, Cho D, Oh SK, Kim HJ. Evaluation of quality characteristics of beer by addition of rice rate. *Korean J Food Preserv*, 24, 758-763 (2017)
- Leni G, Romanini E, Bertuzzi T, Abate A, Bresciani L, Lambri M, Dall'Asta M, Gabrielli M. Italian grape Ale beers obtained with malvasia di *Candia aromatica* grape variety: Evolution of phenolic compounds during fermentation. *Foods*, 12, 1196 (2023)
- MacWilliam IC. pH in malting and brewing: A review. *J Inst Brew*, 81, 65-70 (1975)
- Martínez A, Vegara S, Herranz-López M, Martí N, Valero M, Micó V, Saura D. Kinetic changes of polyphenols, anthocyanins and antioxidant capacity in forced aged hibiscus ale beer. *J Inst Brew*, 123, 58-65 (2017a)
- Martínez A, Vegara S, Martí N, Valero M, Saura D. Physicochemical characterization of special persimmon fruit beers using bohemian pilsner malt as a base. *J Inst Brew*, 123, 319-327 (2017b)
- Mastrangelo N, Bianchi A, Pettinelli S, Santini G, Merlani G, Bellincontro A, Baris F, Chinnici F, Mencarelli F. Novelty of Italian Grape Ale (IGA) beer: Influence of the addition of Gamay macerated grape must or dehydrated Aleatico grape pomace on the aromatic profile. *Heliyon*, 9, e20422 (2023)
- Meier-Dörnberg T, Hutzler M, Michel M, Methner FJ, Jacob F. The importance of a comparative characterization of *Saccharomyces cerevisiae* and *Saccharomyces pastorianus* strains for brewing. *Fermentation*, 3, 41 (2017)
- Meneses FJ, Henschke PA, Jiranek V. A survey of industrial strains of *Saccharomyces cerevisiae* reveals numerous altered patterns of maltose and sucrose utilisation. *J Inst Brew*, 108, 310-321 (2002)
- Moktadzaman M, Galafassi S, Capusoni C, Vigentini I, Ling Z, Piškur J, Compagno C. Galactose utilization sheds new light on sugar metabolism in the sequenced strain *Dekkera bruxellensis* CBS 2499. *FEMS Yeast Res*, 15, 1-9 (2015)
- Nardini M, Garaguso I. Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit beers. *Food Chem*, 305, 125437 (2020)
- National Tax Service. *National Tax Statistics Chronological List 2022*. National Tax Service, Sejong, Korea (2023)
- National Tax Service Liquors License Support Center. *Analysis Regulations of Alcoholic Beverages*. NTS, NTS Instructions 2014 (2014)
- Park J, Lee SK, Choi I, Choi HS, Kim N, Shin DS, Jeong KH, Park CH, Oh SK. Quality characteristics of rice wort and rice beer by rice processing. *Food Eng Prog*, 23, 290-296 (2019)
- Pascoe HM, Ames JM. Critical stages of the brewing process

- for changes in antioxidant activity and levels of phenolic compounds in ale. *J Am Soc Brew Chem*, 61, 203-209 (2003)
- Rigby FL, Bethune JL. Rapid methods for the determination of total hop bitter substances (iso-compounds) in beer. *J Inst Brew*, 61, 325-332 (1955)
- Roh HS, Park JS, Oh JS, Kang ST. Quality characteristics of low malt beer made with moisturized and heat treated purple corn. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 48, 887-895 (2019)
- Seaton JC, Cantrell IC. The determination of beer colour-collaborative trial. *J Inst Brew*, 99, 21-23 (1993)
- Shi N, Li HQ, Lu HC, Tian MB, Han X, He F, Wang J. Adjusting the pomace ratio during red wine fermentation: Effects of adding white grape pomace and juice runoff on wine flavoromics and sensory qualities. *Food Chem X*, 20, 100939 (2023)
- Siebert KJ, Lynn PY. The effect of beer pH on colloidal stabilization with adsorbents. *J Am Soc Brew Chem*, 65, 52-58 (2007)
- Siesto G, Pietrafesa R, Tufariello M, Gerardi C, Grieco F, Capece A. Application of microbial cross-over for the production of Italian grape ale (IGA), a fruit beer obtained by grape must addition. *Food Biosci*, 52, 102487 (2023)
- Sung SA, Lee SJ. Physicochemical and sensory characteristics of commercial top-fermented beers. *Korean J Food Sci Technol*, 49, 35-43 (2017)
- Vanderhaegen B, Neven H, Verachtert H, Derdelinckx G. The chemistry of beer aging: A critical review. *Food Chem*, 95, 357-381 (2006)
- Veljovic M, Despotovic S, Stojanovic M, Pecic S, Vukosavljevic P, Belovic M, Leskosek-Cukalovic I. The fermentation kinetics and physicochemical properties of special beer with addition of prokupac grape variety. *Chem Ind Chem Eng Q*, 21, 391-397 (2015)
- Wee HJ, Lee SB, Choi KT, Ham JY, Yeo SH, Park HD. Characteristics of freeze-concentrated apple cider fermented using mixed culture of non-*Saccharomyces* and *Saccharomyces cerevisiae* Fermivin. *Korean J Food Preserv*, 25, 730-741 (2018)
- 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 vinegars. *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 HN, Oh EB, Park JS, Jung MY, Choi DS. Brewing and properties of low-malt beer with a sweet potato paste. *Korean J Food Nutr*, 30, 491-500 (2017)
- Yom HC. The effect of green tea extracts on the fermentation properties of polyphenol-enriched beers. *Fam Environ Res*, 46, 49-55 (2008)
- Zainasheff J, Palmer J. *Brewing Classic Styles: 80 Winning Recipes Anyone Can Brew*. Brewers Publications, Boulder, CO, USA, p 115-118 (2007)