



Research Article

Development of a coffee beer brewing process using coffee

커피를 활용한 커피 맥주 제조 공정 개발

Se-Eun Baek^{1†}, Se-Hui Mun^{1†}, Shang-Hwa Cha², Dong-Mo Son², Ji-Hwan Beak^{1*}

백세은^{1†} · 문세희^{1†} · 차상화² · 손동모² · 백지환^{1*}

¹Department of Food and Nutrition, Gwangju University, Gwangju 61743, Korea

²Farming Association Corporation, Micromax, Hwasun 58155, Korea

¹광주대학교 식품영양학과, ²마이크로맥스 영농조합법인

Abstract The purpose of this study was to develop the optimal timing and ratio of coffee inputs in the coffee beer brewing process. Coffee beans used in the process were extracted and used in a leaching manner with a ratio of 1:2.8 between coffee beans and water. The wort and coffee were combined in ratios of 1:1, 1:2, and 2:1 before and after heating, and then fermented at 20°C for 5 days, aged at 20°C, and stored at 4°C for 7 days for comparative analysis. The final pH and brix of coffee beer were 4.81-4.92 and 3.35-4.93 °Brix, respectively, and the total acid and reducing sugars were 0.55-0.74% and 0.39-0.52%, respectively, showing a significant difference from the control group (CG). The alcohol content of coffee beer was 5.5-6.0%, the European Brewery Convention (EBC) was 86.66-493.33, the bitterness was 5.15-7.22 BU, and the yeast cells were 4.89-5.39 log CFU/mL. The content of caffeine in coffee beer was 0.00-1.74 mg/L, and that of chlorogeefffinic acid was 0.00-3.39 mg/L. Based on the physicochemical analysis, the AB3 brewing process, which showed results similar to CG, was determined to be the most suitable.

Keywords coffee, beer, characteristics, manufacturing, fermentation



OPEN ACCESS

Citation: Baek SE, Mun SH, Cha SH, Son DM, Beak JH. Development of a coffee beer brewing process using coffee. Food Sci. Preserv., 32(4), 674-683 (2025)

Received: November 07, 2024

Revised: March 14, 2025

Accepted: March 15, 2025

[†]These authors contributed equally to this study.

*Corresponding author

Ji-Hwan Beak

Tel: +82-62-670-2445

E-mail: jhback@gwangju.ac.kr

Copyright © 2025 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

2022년 국내 주류 시장 규모는 출고 금액 기준 약 9조 9,700억 원으로 2021년 대비 약 12.9% 확대되었다. 이 중 맥주가 41.6%를 차지하며, 월평균 주종별 음용 비중 역시 맥주가 37.9%로 가장 높았다(aTFIS, 2024). 맥주는 동·서양을 불문하고 세계에서 가장 많이 양조되고 음용되는 알코올음료로 곡류를 발아시켜 효소를 생성하는 제맥 공정과 생성된 효소가 전분을 분해해 맥즙을 만드는 맥즙 제조 공정 및 당질을 발효시켜 알코올과 탄산가스를 생성하는 발효 공정 등을 통하여 만들어지는 술이다(Jung 등, 2015). 맥주는 녹말을 당화하기 위해 보리를 발아시켜 사용하고 이때 생기는 α-amylase, β-amylase 등의 효소들이 전분을 분해해 생성된 당을 효모가 이용해 발효되어 만들어진다(Koh, 2005). 맥주는 발효과정 중 젖산균, 효모 등의 미생물로 인해 성분이 분해되고 합성되면서 유기산이 만들어지고, 독특한 맛과 향을 주는 향미 성분을 생성해 기호성, 저장성을 향상시킨다(Whiting, 1976). 이러한 맥주는 발효 방법에 따라 상면 발효 맥주(ale), 하면 발효 맥주(lager)로 나누어진다. 상면 발효 맥주는 *Saccharomyces cerevisiae*를 사용하며 쓴맛이 강하고 탄산이 적으며, 과일 같은 향긋함과 진하고 깊은 맛이 특징이다(Jung 등, 2015). 하면 발효 맥주는 *Saccharomyces calbergensis*를 사용하며, 상면 발효 맥주보다 낮은 온도에서 장기간 저장시키기 때문에 깊은 맛은 없지만, 부산물이 적어 깔끔하고 시원한 청량감이 특징이다(Jung 등, 2015). 대량 생산이 쉬운 하면 발효 맥주가 시장의 주를 이루고 있지만 최근 들어서 다양한 맥주에 대한 소비자의 관심도가 증가하며 소규모

업체에서 상면 발효형의 맥주를 제조하는 등 보다 다양한 맥주가 제조되고 있는 실정이다. 울무 미강 추출물을 이용한 맥주의 품질 특성(Kim 등, 2023), 김치 유산균을 이용한 사워 맥주의 특성 평가(Lee 등, 2020), 녹차 추출물을 첨가한 polyphenol 강화 맥주의 발효 특성에 대한 연구(Yeom, 2008) 등 기존 맥주에 특징적인 재료를 첨가한 연구들이 활발히 진행되고 있다. 식품 의약품안전처 식품 공전에 따르면 ‘커피는 원두를 가공한 것이나 또는 이에 식품, 식품 첨가물을 더한 기호성 식품’을 의미하며, 볶은 커피, 인스턴트커피, 조제커피, 액상커피로 분류된다(MFDS, 2024). 커피에는 대표적으로 카페인, 클로로겐산, 폴리페놀, 디테르펜 등 유효성분이 존재하는데, 이는 생리활성적인 영향을 미치고 커피의 독특한 맛과 향을 부여한다(Song, 2020). 커피 잔여물을 첨가한 쿠키의 품질 특성(Jung과 Kang, 2011), 커피 분말을 첨가한 스위트 롤의 품질 특성(Chung과 Byun, 2018), 커피 생두 분말을 첨가한 식빵의 향산화성 및 품질 특성(Park, 2013) 등 커피를 식품에 첨가한 연구는 꾸준히 진행되고 있지만, 주류에 커피를 첨가한 연구는 미흡한 실정이다. 한편, 전라남도농업기술원은 전라남도 커피 산업 발전을 위해 지역 특화 품목으로 커피 산업을 채택했다. 전라남도는 국내 최대의 커피 재배 주산지이지만 연중 재배 생산, 가공 상품 개발이 거의 없는 실정이다. 이에 본 연구에서는 기존 맥주에 커피를 첨가하여, 커피를 활용한 맥주 공정 개발을 통해 커피에 대한 고부가가치화의 일환으로 커피 제품화 개발 연구에 기여하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험 재료

본 연구에 사용된 원두는 마이크로맥스 영농조합법인에서 제공받은 아라비카 생두(Micromax, 2023, Hwasun, Korea)를 로스팅하여 사용하였다(Cho, 2014). 맥주 제조에는 0.7-1.3 mm로 분쇄된 페일 에일 맥아(Dingemans Pale Ale, Mouterij Dingemans, Stabroek, Belgium)를 구입하여 사용했으며, 맥주 제조에는 아메리칸 에일 균주인 건조효모(Safale US-05, Algist Bruggeman, Gent, Belgium)와 펠렛 형태의 워리어 홉(Yakima Chief Ranches, Yakima, WA, USA)을 사용하였다.

2.2. 맥주 제조

맥주 제조기(DM-N40, Foshan Shunde Damai Electric Appliance Co., Ltd., China)에 분쇄한 맥아 3 kg과 물 10 L를 넣고 67°C에서 1시간 동안 당화를 진행하였다. 당화 종료 후 몰트 파이프(malt pipe)를 당화기에 증점시켜 추가로 67°C의 물 8 L를 맥아에 천천히 부어주며 77°C에서 10분간 순환하여 맥아의 남은 잔당을 회수해 맥즙(wort)을 제조하였다.

2.3. 커피 제조

로스팅은 로스터기(CRF-1600, CEROFFEE, Daegu, Korea)를 사용하였다. 161°C로 예열한 로스터기에 생두를 투입해 9-11분 동안 로스팅하였다. 185-190°C에서 갈색화 진행 및 2차 크랙 반응 확인 후 약 1분간 디벨롭(develop) 과정을 거쳐 로스팅을 완료하였다(Cho, 2014). 이후 냉각기(Cooler, CMTECH, Daegu, Korea)에 5-7분 동안 냉각 처리 후 결함이 있는 원두를 제거하였다. 로스팅이 완료된 원두는 커피 분쇄기(SCODYII, Anfim, Italy)를 이용해 0.7 mm로 분쇄하였고, 분쇄한 원두는 일반 에스프레소 TDS에 맞추어 1:2.8(원두:물) 비율로 4°C에 24시간 동안 침출하였다. 침출한 커피는 커피 필터(Clever paper filters, Tentok paper Co., Huji, Japan)를 이용하여 여과해 TDS(total dissolved solids) 측정 후 사용하였다.

2.4. 맥주 제조

맥주 제조 방법은 Fig. 1에 나타내었다. 맥아로부터 여과한 맥즙은 100°C로 설정한 맥주 제조기(DM-N40, Foshan Shunde Damai Electric Appliance Co., Ltd.)에 넣고 1시간 동안 끓여 주었다. 맥즙이 100°C에서 끓기 시작하면 1차로 12 g의 홉을 투입하였다. 끓기 시작한 지점으로부터 35분 후 2차로 12 g의 홉을 투입하였고, 55분 후 3차로 12 g의 홉을 투입하였다. 이후 소독시킨 발효조로 옮겨 25°C로 빠르게 냉각시킨 후 건조 효모(Safale US-05, Algist Bruggeman)를 투입하였다. 효모 첨가량은 처리구간 동일한 양으로 첨가 후 air lock을 장착해 제조사에서 제공하는 효모의 적정발효조건(20°C에서 5일간)에 따라 발효하였다. 발효 후 필터링 과정을 거친 맥주를 맥주병에 적당량 담아 20°C에서 7일간 숙성시켰다. 숙성 이후 4°C에서 14일 동안 저장하며 실험하였다. 커피는 자비(boiling) 과정 전후로 비율에 맞춰 투입하였다. 커피 투입 과정에 따라 BB(before boiling), AB(after boiling), 맥즙과 커피 비율에 따라 1(1:1), 2(1:2), 3(2:1)으로 명명하여 CG(control group), BB1, BB2, BB3, AB1, AB2, AB3로 총 7개의 시료를 제조하였다.

2.5. 품질 특성 측정

2.5.1. pH, 가용성 고형분 함량 및 총산 측정

국세청 주류 분석 규정에 따라 다음과 같이 분석하였으며(National Tax Service Liquors License Support Center, 2017), 모든 실험은 3회 반복 측정하였다. pH는 시료 10 mL를 취하여 pH meter(Aquasearcher Ab33Ph Bench Meter, Ohaus, Seoul, Korea)를 사용해 측정하였다. 가용성 고형분 함량은 굴절 당도계(RCM-1000BT, HM Digital Inc., Seoul, Korea)를 사용하여 측정하였다. 총산은 시료 10 mL를 취하여 0.1 N NaOH(Duksan General Science, Seoul, Korea) 용액을 pH 8.3이 될 때까지 중화 적정하였고, 0.1 N NaOH 용액의 소비량을 구해 lactic

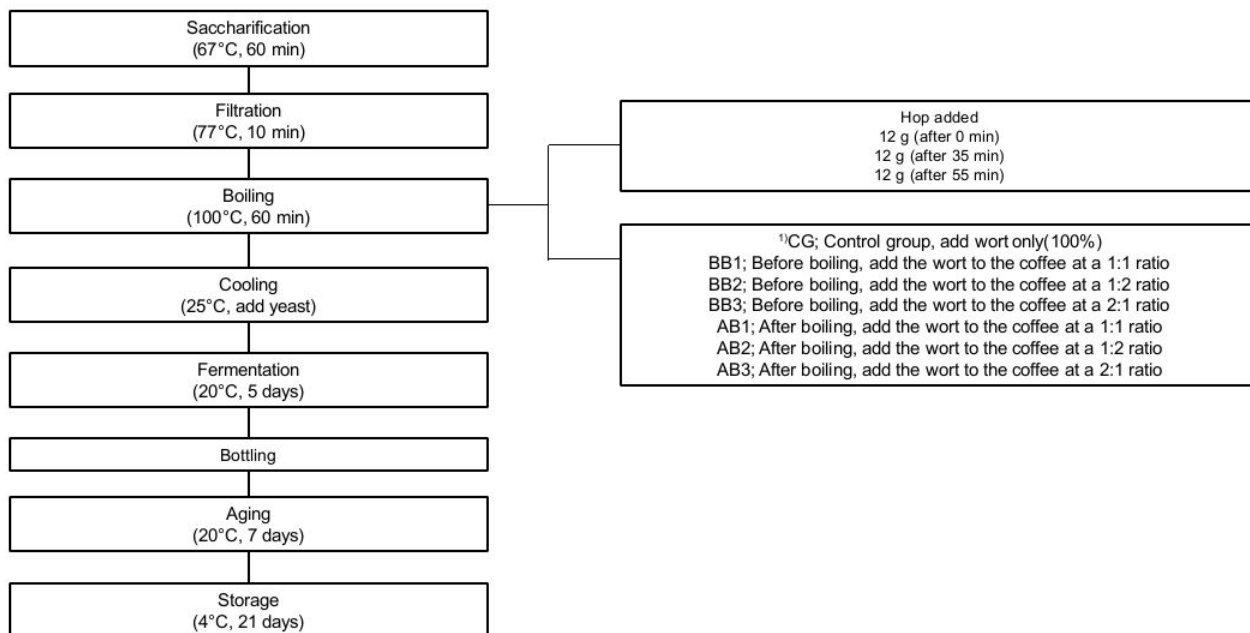


Fig. 1. Manufacturing process for coffee-infused beer. ¹⁾CG, control group; BB, before boiling; AB, after boiling; 1, the ratio of wort to coffee is 1:1; 2, the ratio of wort to coffee is 1:2; 3, the ratio of wort to coffee is 2:1.

acid(%)로 환산하였다.

2.5.2. 환원당 측정

환원당은 DNS(dinitrosalicylic acid) 법을 이용하여 분석하였다. 시료와 증류수를 적정비율로 희석한 후 희석한 시료 용액 0.2 mL에 DNS 용액 0.6 mL를 혼합하여 water bath(Puribath 22, Novapro Co., Ltd., Bucheon, Korea)에서 5분간 끓여주었다. 이후 실온에서 냉각한 후 증류수 4.2 mL를 넣고 혼합해 분광광도계(Genesys 150 UV-Vis, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, US)를 이용하여 550 nm의 흡광도에서 환원당을 측정하였다.

2.5.3. 알코올 도수 분석

알코올 도수는 국세청 주류 분석 규정에 따라 분석하였다(National Tax Service Liquors License Support Center, 2017). 시료 100 mL를 정확히 취하여 메스플라스크에 넣고 알코올 증류 장치로 증류하여 증류액이 60-70 mL에 이르면 증류를 중지하고 15°C에 보관하여 실험에 사용하였다. 100 mL 메스실린더에 증류액을 넣고 증류수로 100 mL 정용하여 정밀 주정계를 이용해 알코올 도수를 측정하였다.

2.5.4. 쓴맛 측정

쓴맛(Bitterness Unit)은 국세청 주류 분석 규정을 따라 분석

하였다(National Tax Service Liquors License Support Center, 2017). 맥주는 탈기 후 20°C로 준비하였다. 시료 10 mL를 취한 후 6 N HCl(J.T.Baker, Philipsbug, New Jersey, US) 0.5 mL, 2,2,4-trimethylpentane(Daejung Chemicals & Metals Co., Ltd., Siheung, Korea) 20 mL를 혼합하여 250 rpm, 20°C로 설정된 진탕기(Puricell Shaker 80, CRYSTE, Bucheon, Gyeonggi-do)에 15분간 섞어주었다. 이후 원심분리기(1580R, Labogene, Lillerød, Danmark)를 이용하여 3,000 rpm에서 3분간 원심분리를 진행한 후 상등액을 취해 분광광도계(Genesys 150 UV-Vis, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham)를 이용하여 275 nm에서 흡광도(A)를 측정하였다(Jung과 Chung, 2017). 이후 다음 식에 의하여 쓴맛(BU)을 계산하였다.

$$\text{쓴맛(BU)} = 50 \times A$$

2.5.5. 색도(EBC) 측정

색도(EBC)는 국세청 주류 분석 규정을 따라 분광광도계(Genesys 150 UV-Vis, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham)를 이용해 분석하였다(National Tax Service Liquors License Support Center, 2017). 가스를 제거한 맥주 시료를 희석해 흡광도(A) 430 nm에서 측정하였다. 이후 다음 식에 의하여 색도를 계산하였다(Jung과 Chung, 2017).

$$\text{색도(EBC)} = 25 \times \text{희석배수} \times A$$

2.5.6. 효모균 수 측정

효모균 수는 맥주를 멸균 생리식염수를 이용해 희석한 후 Yeast Molt agar(MB cell, Seoul, Korea)에 도말하여 30°C, 48시간 배양한 후 15-300 colony의 집락 수만 계수해 log CFU/mL (Colony Forming Units)로 나타내었다.

2.5.7. HPLC를 이용한 카페인 분석

카페인 분석은 HPLC(Arc HPLC, Waters Co., Milford, MA, US)를 이용하여 분석하였다. 시료는 원심분리기(1580R, Labogene, Lillerød, Danmark)를 이용하여 원심분리 후 상등액을 취하여 희석하였고, 0.45 µm membrane filterpaper(0.45 µm, Advantec Co., Ltd., Minato, Japan)로 여과해 분석에 사용하였다(Hirao 등, 2024). 카페인 표준용액의 제조에는 caffeine(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)을 사용하였고, Column은 XBridge C18 Column(4.6 × 250 mm, Waters Co., Milford, MA, US)을 사용하였다. Mobile phase는 methyl alcohol(Duksan General Science, Seoul, Korea), water(Duksan General Science, Seoul, Korea)을 각각 20:80으로 사용하였다. Flow rate는 1.0 mL/min, column oven의 temperature는 40°C로 설정하였으며, 시료는 10 µL를 injection하여 PDA Detector(Waters 2998, Milford, MA, US)로 분석하였다.

2.5.8. HPLC를 이용한 클로로겐산 분석

클로로겐산 분석은 HPLC(Arc HPLC, Waters Co., Milford, MA, US)를 이용하여 분석하였다. 시료는 원심분리기(1580R, Labogene, Lillerød, Danmark)를 이용하여 원심분리 후 상등액을 취하여 희석하였고, 0.45 µm membrane filterpaper(0.45 µm, Advantec Co., Ltd., Minato, Japan)로 여과해 분석에 사용하였다(Hirao 등, 2024). 클로로겐산 표준용액의 제조에는 chlorogenic acid(HWI group, Frankfurt, Germany)을 사용하였고, Column은 XBridge C18 Column(4.6 × 250 mm, Waters Co., Milford, MA, US)을 사용하였다. Mobile phase는 solvent A는 0.002 M phosphoric acid(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA), solvent B는 acetonitrile(Duksan General Science, Seoul, Korea)을 사용하였다. 이동상 조건은 solvent A를 0 min-100%, 8 min-100%, 30 min-0%, 35 min-0%, 40 min-100%, 50 min-100%, solvent B는 30 min-100%, 35 min-100%로 설정하였다. Flow rate는 1.0 mL/min으로 사용하고, column oven의 temperature는 30°C로 설정하였으며, 시료는 10 µL를 injection하여 PDA Detector(Waters 2998, Milford, MA, US)로 분석하였다.

2.6. 통계처리

통계처리는 SPSS(27, IBM Corp., Armonk, NY, USA) 프

로그래를 사용하여 일원배치 분산분석(ANOVA)으로 평가하였다. 실험결과를 3회 반복하여 평균과 표준편차를 구하였으며, Duncan의 다중범위 검정을 실시하여 처리 평균치 간의 유의성($p < 0.05$)을 검정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 조건별 맥주의 품질 특성

3.1.1. pH

맥주의 pH는 맥주의 맛, 물리적 및 미생물학적 안정성에 영향을 주는 것으로 보고되어 왔으며(Kaneda 등, 1997), 커피 첨가 시기 및 비율에 따른 발효, 숙성 및 저장 기간 동안 커피 맥주의 pH 변화는 Table 1과 같다. 발효 초기 CG(Control group)는 0일 차 pH 5.59에서 2일 차 pH 4.46까지 떨어졌으며, 커피 첨가구는 0일 차 pH 4.96-5.33에서 1일 차 pH 4.93-5.14까지 미미하게 감소하였다. 이는 효모로 인한 발효과정에서 이산화탄소가 생성되고 용해도가 증가하면서 pH 값이 낮아진 것으로 보이며, Jung과 Chung(2017)의 연구와도 비슷한 경향을 보였다. 이후 CG는 4일 차, 커피 첨가구는 3-4일 차에 pH 값이 오르다가 완만해지는 것을 볼 수 있다. 최종적으로 CG는 pH 4.31, 커피 첨가구는 pH 4.81-4.92로 시판 상면발효 맥주의 pH 범위인 4.01-4.77과 비교했을 때 유사한 값을 보였다(Choi 등, 2022b).

3.1.2. 가용성 고형분 함량

발효, 숙성 및 저장 기간 동안 커피 맥주의 가용성 고형분 함량의 변화는 Table 2에 나타내었다. 발효 초기 CG의 가용성 고형분은 13.47 °Brix이며, 커피 첨가구는 9.56-12.66 °Brix 값을 보였다. 발효 과정 중 가용성 고형분 함량의 감소는 효모가 당을 소모하여 에탄올을 생성한 것으로(Park 등, 2023), 모든 시료의 가용성 고형분 함량이 발효 과정 중 급격히 감소해 5일 차에 CG는 3.49 °Brix, 커피 첨가구는 3.39-5.04 °Brix 값을 보였다. 이후 가용성 고형분 함량은 완만하게 감소하여 최종적으로 CG는 3.29 °Brix, 자비 과정 후 커피 첨가구는 3.35-3.59 °Brix, 자비 과정 전 커피 첨가구는 4.05-4.93 °Brix로 커피 첨가 시기와 첨가 비율에 따라 차이를 보였다. 본 연구의 발효과정 중 급격히 감소하였다가 숙성 및 저장 기간에 완만하게 진행되는 양상은 Meng(2022)의 연구와도 유사하며, 앞선 발효과정으로 인해 발효성 당류가 줄어들면서 숙성 및 저장 기간 동안에는 °Brix 함량 변화가 미미한 것으로 보인다.

3.1.3. 총산

발효, 숙성 및 저장 기간 동안 커피 맥주의 총산의 변화는 Table 3과 같다. 초기 CG의 산도는 0.15%, 커피 첨가구는

Table 1. Changes in pH of coffee beer during fermentation period

Day	pH						
	CG ¹⁾	BB1	BB2	BB3	AB1	AB2	AB3
0	5.59±0.04 ^{2)aa}	5.19±0.12 ^{bA}	5.00±0.05 ^{cBCD}	4.96±0.11 ^{cAB}	5.33±0.07 ^{bA}	5.19±0.07 ^{bA}	5.29±0.13 ^{bA}
1	4.86±0.03 ^{cB}	4.93±0.05 ^{bBC}	4.93±0.05 ^{bDE}	4.93±0.03 ^{bAB}	4.96±0.02 ^{bBC}	5.14±0.02 ^{aAB}	4.92±0.01 ^{bBC}
2	4.46±0.01 ^{dC}	4.93±0.02 ^{bBC}	5.03±0.08 ^{aB}	4.94±0.05 ^{bAB}	4.96±0.05 ^{abB}	5.03±0.02 ^{aCD}	4.83±0.01 ^{cCD}
3	4.24±0.07 ^{dE}	4.99±0.05 ^{bcAB}	5.02±0.01 ^{abBC}	4.94±0.02 ^{bcAB}	4.98±0.09 ^{bcB}	5.10±0.03 ^{aBC}	4.93±0.03 ^{cBC}
4	4.34±0.04 ^{cCD}	5.04±0.05 ^{abA}	5.12±0.03 ^{aA}	4.99±0.07 ^{bA}	4.97±0.06 ^{bB}	5.02±0.06 ^{bCDE}	4.97±0.01 ^{bB}
5	4.27±0.03 ^{adE}	5.00±0.07 ^{bAB}	4.96±0.78 ^{bBCDE}	4.98±0.10 ^{bA}	4.97±0.12 ^{bB}	5.00±0.09 ^{bDEF}	4.92±0.10 ^{bBC}
12	4.30±0.05 ^{cCDE}	4.93±0.02 ^{aBC}	4.97±0.03 ^{aBCDE}	4.92±0.01 ^{aAB}	4.85±0.03 ^{bCD}	4.93±0.05 ^{aEF}	4.86±0.01 ^{bCD}
19	4.35±0.04 ^{dC}	4.90±0.02 ^{abBC}	4.94±0.01 ^{aCDE}	4.86±0.05 ^{bcBC}	4.93±0.00 ^{aBCD}	4.93±0.06 ^{aEF}	4.84±0.02 ^{cCD}
26	4.33±0.01 ^{cCD}	4.83±0.05 ^{bC}	4.90±0.01 ^{aE}	4.82±0.01 ^{bC}	4.83±0.03 ^{bD}	4.91±0.03 ^{aF}	4.86±0.03 ^{abCD}
33	4.31±0.02 ^{cCDE}	4.85±0.01 ^{cC}	4.90±0.01 ^{bE}	4.81±0.00 ^{dC}	4.85±0.01 ^{cCD}	4.92±0.00 ^{aF}	4.81±0.01 ^{dD}

¹⁾CG, control group; BB, before boiling; AB, after boiling; 1, the ratio of wort to coffee is 1:1; 2, the ratio of wort to coffee is 1:2; 3, the ratio of wort to coffee is 2:1.

²⁾All values are mean±SD (n=3). Different letters [lowercase (^{a-d}) in a row, uppercase (^{A-F}) in a column] indicate significant differences (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

Table 2. Changes in total soluble solids of coffee beer during fermentation period

Day	Brix (%)						
	CG ¹⁾	BB1	BB2	BB3	AB1	AB2	AB3
0	13.47±0.10 ^{2)aa}	11.94±0.01 ^{cA}	11.57±0.08 ^{dA}	12.66±0.01 ^{bA}	10.38±0.38 ^{cA}	9.56±0.28 ^{EA}	11.40±0.01 ^{dA}
1	6.20±0.03 ^{ab}	5.67±0.10 ^{bcB}	5.45±0.02 ^{cdB}	5.86±0.01 ^{bB}	4.84±0.31 ^{cB}	4.43±0.14 ^{EB}	5.23±0.02 ^{dB}
2	4.81±0.01 ^{dC}	5.29±0.01 ^{bc}	5.43±0.01 ^{ab}	5.02±0.04 ^{cC}	4.21±0.01 ^{EC}	4.22±0.01 ^{cEC}	4.24±0.01 ^{cC}
3	3.51±0.01 ^{ED}	4.93±0.14 ^{bd}	5.16±0.01 ^{ac}	4.20±0.14 ^{dD}	3.66±0.04 ^{cD}	3.93±0.00 ^{dD}	3.51±0.01 ^{ED}
4	3.50±0.01 ^{ED}	4.58±0.04 ^{bE}	5.12±0.00 ^{aCD}	4.13±0.03 ^{cDE}	3.60±0.05 ^{cD}	3.89±0.01 ^{dD}	3.49±0.01 ^{ED}
5	3.49±0.00 ^{cD}	4.51±0.00 ^{bE}	5.04±0.12 ^{aDE}	4.08±0.01 ^{cEF}	3.64±0.02 ^{dD}	3.63±0.12 ^{dE}	3.39±0.03 ^{cE}
12	3.45±0.01 ^{ED}	4.35±0.01 ^{bF}	5.03±0.05 ^{aDEF}	4.04±0.02 ^{cEF}	3.69±0.04 ^{dD}	3.61±0.02 ^{cE}	3.35±0.01 ^{EF}
19	3.46±0.02 ^{ED}	4.38±0.01 ^{bF}	4.98±0.02 ^{aEF}	4.05±0.01 ^{cEF}	3.65±0.01 ^{dD}	3.60±0.00 ^{cE}	3.35±0.04 ^{EF}
26	3.45±0.02 ^{cD}	4.37±0.02 ^{bF}	4.94±0.07 ^{aF}	4.04±0.02 ^{cF}	3.59±0.03 ^{dD}	3.61±0.01 ^{dE}	3.36±0.01 ^{EF}
33	3.29±0.01 ^{FE}	4.36±0.01 ^{bF}	4.93±0.02 ^{aF}	4.05±0.01 ^{cEF}	3.58±0.01 ^{dD}	3.59±0.00 ^{dE}	3.35±0.01 ^{cF}

¹⁾CG, control group; BB, before boiling; AB, after boiling; 1, the ratio of wort to coffee is 1:1; 2, the ratio of wort to coffee is 1:2; 3, the ratio of wort to coffee is 2:1.

²⁾All values are mean±SD (n=3). Different letters [lowercase (^{a-f}) in a row, uppercase (^{A-F}) in a column] indicate significant differences (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

0.27-0.56%로 나타났으며, CG와 커피 첨가구 간에 유의적 차이를 보였다(p<0.05). 이는 커피 속 클로로겐산과 퀴닉산(quinic acid) 등의 다양한 산이 총산에 영향을 미친 것으로 판단된다(Kim과 Lee, 2020). 또한, 자비 과정 전 커피 첨가구는 0.35-0.56%, 자비 과정 후 커피 첨가구는 0.27-0.36%로 자비

과정 후 커피 첨가구에서 낮은 총산을 보였다. 총산은 1일 차에 급격히 증가하여 CG 0.34%, 커피 첨가 시료 0.41-0.6%로 나타났으며, 이는 pH가 떨어지는 경향과도 일치하였다. 이후 비교적 완만하게 증가했으며, 숙성 저장 기간 동안에도 점차 증가하는 양상을 보이며, 최종 총산은 CG 0.4%, 자비 과정 전 커피

Table 3. Changes in total acid of coffee beer during fermentation period

Day	Total acid (%)						
	CG ¹⁾	BB1	BB2	BB3	AB1	AB2	AB3
0	0.15±0.01 ^{2)IB}	0.46±0.02 ^{bE}	0.56±0.01 ^{aH}	0.35±0.01 ^{cG}	0.32±0.01 ^{dG}	0.36±0.00 ^{cE}	0.27±0.01 ^{cE}
1	0.34±0.02 ^{cA}	0.60±0.08 ^{aBCD}	0.60±0.03 ^{aG}	0.46±0.01 ^{bF}	0.44±0.03 ^{bF}	0.41±0.02 ^{bcd}	0.43±0.06 ^{bD}
2	0.36±0.02 ^{dA}	0.58±0.03 ^{bCD}	0.65±0.02 ^{aEF}	0.52±0.01 ^{cDE}	0.53±0.01 ^{cD}	0.54±0.02 ^{cC}	0.52±0.01 ^{cC}
3	0.37±0.01 ^{cA}	0.59±0.03 ^{bBCD}	0.65±0.00 ^{aF}	0.53±0.04 ^{cDE}	0.46±0.02 ^{dEF}	0.47±0.02 ^{dD}	0.41±0.03 ^{cD}
4	0.30±0.03 ^{cA}	0.55±0.06 ^{bCD}	0.69±0.03 ^{aDE}	0.56±0.01 ^{bD}	0.49±0.01 ^{cdDE}	0.56±0.02 ^{bC}	0.44±0.04 ^{dD}
5	0.34±0.02 ^{dA}	0.61±0.07 ^{bBCD}	0.70±0.03 ^{aD}	0.51±0.03 ^{cEF}	0.51±0.05 ^{cDE}	0.43±0.06 ^{cdD}	0.38±0.07 ^{dD}
12	0.38±0.07 ^{cA}	0.64±0.02 ^{dB}	0.89±0.05 ^{aB}	0.73±0.04 ^{bcA}	0.77±0.03 ^{bA}	0.66±0.04 ^{cdB}	0.58±0.01 ^{dBC}
19	0.39±0.01 ^{cA}	0.67±0.01 ^{cAB}	0.83±0.01 ^{aC}	0.62±0.04 ^{dC}	0.60±0.03 ^{dC}	0.75±0.04 ^{bA}	0.67±0.03 ^{cA}
26	0.28±0.21 ^{cA}	0.73±0.02 ^{bA}	0.91±0.00 ^{aB}	0.67±0.02 ^{bB}	0.66±0.01 ^{bB}	0.66±0.04 ^{bB}	0.63±0.06 ^{bAB}
33	0.40±0.02 ^{fA}	0.74±0.01 ^{bA}	1.03±0.02 ^{aA}	0.69±0.03 ^{cAB}	0.64±0.02 ^{dB}	0.64±0.00 ^{dB}	0.55±0.04 ^{cC}

¹⁾CG, control group; BB, before boiling; AB, after boiling; 1, the ratio of wort to coffee is 1:1; 2, the ratio of wort to coffee is 1:2; 3, the ratio of wort to coffee is 2:1.

²⁾All values are mean±SD (n=3). Different letters [lowercase (^{a-f}) in a row, uppercase (^{A-F}) in a column] indicate significant differences (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

첨가구 0.68-1.02%, 자비 과정 후 커피 첨가구 0.55-0.64%로 나타났다.

3.1.4. 환원당

발효, 숙성 및 저장 기간 동안 커피 맥주의 환원당 함량 변화는 Table 4에 나타내었다. 0일 차 CG의 환원당 함량은 0.83%, 커피 첨가구는 0.71-1.18%로 BB1, BB3, AB3는 CG에 비해 높은 값을 보이고, BB2, AB1, AB2는 낮은 값을 보였다. CG의 환원당 함량은 1-2일 차에 급격하게 감소하였으며, 이후 완만하게 감소하였다. 커피 첨가구는 1-4일 차에 비교적 급격하게 감소하였으며, 이후 완만하게 감소하며 CG와 비슷한 양상을 보였다. 이는 발효 초기 효모에 의해서 환원당이 알코올로 전환되어 환원당이 감소한 것으로 보인다(Sung과 Lee, 2017). CG의 최종 환원당은 0.37%, 커피 첨가구는 0.38-0.51%로 CG보다 높은 값을 나타냈으며, 시판 상면발효 맥주의 환원당 함량인 0.34-0.89%(Choi 등, 2022a)와 유사한 결과를 보였다.

3.1.5. 알코올 도수, 쓴맛 및 색도

커피 맥주의 알코올 도수, 쓴맛 및 색도(EBC)는 Table 5에 나타내었다. 알코올 도수는 5.4-6.0% 범위로 커피 투입량에 따라 차이를 보였다. 맥즙과 커피 비율이 1:2인 BB2와 AB2에서 5.5%로 유의적으로 낮은 값을 보였으며, 맥즙과 커피 비율이 2:1인 BB3와 AB3는 5.9%로 유의적으로 높은 값을 보였다(p<0.05). 가장 높은 알코올 도수 값을 보인 BB1은 커피 투입량과 무관한 결과를 보였으며, 알코올 도수의 변화는 환원당 및

유리당과 연관이 있으므로 추후 연구에서는 이와 관련된 지표를 추가 분석한다면 보다 폭넓은 해석이 가능할 것으로 판단된다(Jung과 Chung, 2017). 쓴맛(bitterness unit)은 완성된 맥주 1 L당 포함된 iso- α -acids의 양(mg)으로 맥주의 품질을 평가하는 중요한 지표이다. 미국과 영국의 ale, larger 맥주는 5-25 BU 수준의 쓴맛을 가지며, 본 연구의 맥주 쓴맛은 4.00-7.22 BU 값으로 미국의 light larger의 쓴맛 범위(5-15 BU) 안에는 들지만 ale 맥주의 쓴맛 범위(20 BU 이상)에는 미치지 못했다(Kwon 등, 2012). 쓴맛은 커피 투입량에 따라 유의적인 차이를 보였으며, 커피를 넣지 않은 CG가 4.00 BU로 가장 낮은 값을 보였다(p<0.05). BB3와 AB3는 같은 시기에 커피를 투입한 시료들보다 유의적으로 낮은 값을 보였다(p<0.05). 커피 맥주의 쓴맛 조절은 일반 맥주에서 사용되는 쓴맛 조절 방법인 알파산 함량이 다른 홉의 선택 및 홉 첨가량 조절뿐만 아니라 커피의 투입량을 조정함으로써도 가능할 것으로 판단된다(Lee 등, 2017). 맥주의 색은 원료 자체, 맥즙의 제조과정, 맥주의 발효 및 숙성 과정에서 맥아나 홉으로부터 유래된 폴리페놀의 산화 및 메일러드 반응 등에 의해 기인된다고 보고 되었다(Sung과 Lee, 2017). 본 연구의 색도(EBC)의 범위는 16.67-493.33으로 각 시료마다 유의적인 차이를 보였으며(p<0.05), 일반 상면 발효 맥주의 EBC 값인 4.78-93.38 범위(Choi 등, 2022a)와 비교했을 때 높은 값을 보였다. 색도는 커피 투입량에 따라 유의적인 차이를 보였으며, BB2와 AB2는 같은 시기에 커피를 투입한 시료들보다 유의적으로 높았고, 커피가 첨가되지 않은 CG는 유의적으로 낮은 값을 보였다(p<0.05). 이는 커피의 색도가

Table 4. Changes in reducing sugars of coffee beer during fermentation period

Day	Reducing sugars (%)						
	CG ¹⁾	BB1	BB2	BB3	AB1	AB2	AB3
0	0.83±0.00 ^{2) dA}	0.88±0.00 ^{cA}	0.71±0.00 ^{gA}	1.18±0.00 ^{aAI}	0.77±0.00 ^{cA}	0.76±0.00 ^{fA}	1.00±0.00 ^{bA}
1	0.75±0.00 ^{cB}	0.71±0.00 ^{cB}	0.67±0.00 ^{fB}	0.89±0.00 ^{aB}	0.73±0.01 ^{dB}	0.64±0.00 ^{gB}	0.87±0.00 ^{bB}
2	0.46±0.00 ^{ic}	0.61±0.00 ^{aC}	0.61±0.00 ^{aC}	0.55±0.00 ^{cC}	0.56±0.00 ^{bC}	0.51±0.00 ^{dC}	0.48±0.00 ^{cD}
3	0.45±0.00 ^{cC}	0.59±0.00 ^{aD}	0.55±0.00 ^{bD}	0.53±0.00 ^{cD}	0.41±0.00 ^{eF}	0.45±0.00 ^{fD}	0.59±0.00 ^{cD}
4	0.44±0.00 ^{fD}	0.57±0.00 ^{aE}	0.54±0.00 ^{bE}	0.50±0.00 ^c	0.41±0.00 ^{eF}	0.45±0.00 ^{eD}	0.46±0.00 ^{dE}
5	0.44±0.00 ^{cD}	0.57±0.00 ^{aE}	0.54±0.00 ^{bE}	0.51±0.00 ^{eE}	0.42±0.00 ^{fE}	0.44±0.00 ^{eE}	0.46±0.00 ^{dE}
12	0.40±0.00 ^{eE}	0.53±0.00 ^{aF}	0.53±0.00 ^{aF}	0.51±0.00 ^{bF}	0.43±0.00 ^{cD}	0.41±0.00 ^{dG}	0.43±0.00 ^{cF}
19	0.40±0.00 ^{fF}	0.52±0.00 ^{bG}	0.53±0.00 ^{aG}	0.51±0.00 ^{cF}	0.42±0.00 ^{dE}	0.42±0.00 ^{dF}	0.41±0.00 ^{cG}
26	0.38±0.00 ^{gG}	0.49±0.00 ^{hI}	0.52±0.00 ^{aH}	0.51±0.00 ^{bG}	0.42±0.00 ^{dEF}	0.40±0.00 ^{fH}	0.40±0.00 ^{cH}
33	0.38±0.00 ^{gH}	0.48±0.00 ^{cI}	0.52±0.00 ^{aI}	0.51±0.00 ^{bH}	0.41±0.00 ^{dF}	0.39±0.00 ^{fI}	0.40±0.00 ^{cI}

¹⁾CG, control group; BB, before boiling; AB, after boiling; 1, the ratio of wort to coffee is 1:1; 2, the ratio of wort to coffee is 1:2; 3, the ratio of wort to coffee is 2:1.

²⁾All values are mean±SD (n=3). Different letters [lowercase (^{a-g}) in a row, uppercase (^{A-I}) in a column] indicate significant differences (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

Table 5. Evaluation of alcohol content, color, and bitterness in coffee beer

Sample	Alcohol content (%)	Color (EBC)	Bitterness unit (BU)
CG ¹⁾	5.4±0.05 ^{2) c}	16.67±3.63 ^g	4.00±0.23 ^d
BB1	6.0±0.12 ^a	325.83±4.4 ^c	7.10±0.08 ^a
BB2	5.5±0.06 ^{bc}	493.33±2.2 ^a	7.22±0.01 ^a
BB3	5.9±0.23 ^{ab}	86.66±1.66 ^f	5.55±0.03 ^b
AB1	5.6±0.17 ^{abc}	248.33±3.63 ^d	5.45±0.01 ^b
AB2	5.5±0.03 ^c	415.83±9.39 ^b	5.5±0.01 ^b
AB3	5.9±0.06 ^{ab}	150.83±2.2 ^c	5.15±0.02 ^c

¹⁾CG, control group; BB, before boiling; AB, after boiling; 1, the ratio of wort to coffee is 1:1; 2, the ratio of wort to coffee is 1:2; 3, the ratio of wort to coffee is 2:1.

²⁾All values are mean±SD (n=3). Different letters [lowercase (^{a-g}) in a column] indicate significant differences (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

맥즙의 색도보다 높아 커피 투입량이 많을수록 높은 값을 보이는 것으로 판단된다.

3.1.6. 효모균 수

발효, 숙성 및 저장 기간에 따른 커피 맥주의 효모균 수는 Table 6에 나타내었다. 발효 초기 효모균 수는 CG는 6.62 log CFU/mL, 커피 첨가구는 5.71-6.52 log CFU/mL로 CG가 가장 높게 나타났다. 발효기간 동안 효모균 수는 급격히 증가해 발효 5일 차에는 5.79-6.74 log CFU/mL까지 증가하였다. 이와 같은 효모균 수의 증가는 상면 발효 효모의 빠른 발효 속도와 알코올 생성과 연관되어 있으며, 선행연구 결과(Choi 등, 2022a)와

비슷한 경향을 보였다. 또한 이 과정을 통해 효모가 맥즙의 당을 이용해 이산화탄소와 알코올을 생성한 것으로 판단된다. 이후 숙성, 저장 기간을 거치면서 최종적으로 CG는 5.32 log CFU/mL, 커피 첨가구는 4.89-5.39 log CFU/mL 수준으로 감소하였다. 이는 효모가 사용하는 영양소의 고갈과 여과 과정 및 저장 온도에 영향을 받아 생장이 멈춘 것으로 판단된다.

3.2. 카페인 및 클로로겐산 함량

커피 맥주의 카페인 및 클로로겐산 함량은 Table 7에 나타내었다. 카페인의 함량은 0.00-1.74 mg/L 범위로 커피를 첨가하지 않은 CG에서는 카페인 측정되지 않았으며, BB2를 제외

Table 6. Changes in yeast counts of coffee beer during fermentation period

Sample	Yeast cells (log CFU/mL)					
	1 day	2 days	5 days	12 days	19 days	26 days
CG ¹⁾	6.62±0.03 ^{2)ab}	6.66±0.01 ^{aB}	6.74±0.02 ^{aA}	5.41±0.05 ^{aC}	5.41±0.02 ^{aC}	5.32±0.02 ^{bD}
BB1	6.31±0.01 ^{dB}	6.37±0.08 ^{dB}	6.53±0.02 ^{bcA}	5.06±0.02 ^{cC}	5.07±0.05 ^{bc}	5.03±0.03 ^{cC}
BB2	5.71±0.01 ^{fB}	5.77±0.02 ^{fA}	5.79±0.01 ^{cA}	5.36±0.04 ^{aC}	5.36±0.05 ^{aC}	5.26±0.02 ^{cD}
BB3	6.52±0.01 ^{bA}	6.56±0.03 ^{bA}	6.55±0.03 ^{bA}	5.44±0.09 ^{aB}	5.39±0.09 ^{aB}	5.39±0.06 ^{aB}
AB1	6.35±0.02 ^{cC}	6.45±0.02 ^{cB}	6.51±0.02 ^{cA}	5.09±0.06 ^{cD}	5.08±0.01 ^{bD}	5.06±0.01 ^{cD}
AB2	5.96±0.01 ^{cC}	5.99±0.01 ^{cB}	6.12±0.03 ^{dA}	4.91±0.01 ^{dD}	4.90±0.02 ^{cD}	4.89±0.01 ^{dD}
AB3	6.36±0.04 ^{cC}	6.46±0.01 ^{cB}	6.52±0.01 ^{bcA}	5.17±0.01 ^{bD}	5.14±0.02 ^{bDE}	5.13±0.02 ^{dE}

¹⁾CG, control group; BB, before boiling; AB, after boiling; 1, the ratio of wort to coffee is 1:1; 2, the ratio of wort to coffee is 1:2; 3, the ratio of wort to coffee is 2:1.

²⁾All values are mean±SD (n=3). Different letters [lowercase (^{a-f}) in a row, uppercase (^{A-E}) in a column] indicate significant differences (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

Table 7. The contents of caffeine and chlorogenic acid of beer added with coffee

Sample	Caffeine (mg/L)	Chlorogenic acid (mg/L)
CG ¹⁾	0.00±0.00 ^{2)d}	0.00±0.00 ^f
BB1	1.17±0.33 ^{bc}	2.41±0.04 ^b
BB2	1.74±0.07 ^a	3.39±0.08 ^a
BB3	1.21±0.11 ^{bc}	1.67±0.06 ^d
AB1	1.21±0.21 ^{bc}	2.10±0.01 ^c
AB2	1.41±0.14 ^b	2.51±0.16 ^b
AB3	1.08±0.04 ^c	1.43±0.02 ^c

¹⁾CG, control group; BB, before boiling; AB, after boiling; 1, the ratio of wort to coffee is 1:1; 2, the ratio of wort to coffee is 1:2; 3, the ratio of wort to coffee is 2:1.

²⁾All values are mean±SD (n=3). Different letters [lowercase (^{a-f}) in a column] indicate significant differences (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

한 나머지 시료들은 유의적인 차이를 보이지 않았다(p<0.05). 클로로겐산의 함량은 0.00-3.39 mg/L로 커피 투입량과 시기에 따라 유의적인 차이를 보였으며(p<0.05), 커피를 첨가하지 않은 CG에서는 측정되지 않았다. 커피 투입량이 많은 BB2와 AB2에서 높은 함량을 보였으며, 커피 투입량이 적은 BB3와 AB3는 낮은 함량을 보였다. 또한 자비 과정 전 커피 첨가구는 1.67-3.39 mg/L, 자비 과정 후 커피 첨가구는 1.43-2.51 mg/L로 자비 과정 전 커피 첨가구에서 높은 함량을 보였다. 총산과 비교해 봤을 때 클로로겐산이 높은 시료가 총산도 높은 것을 확인할 수 있었다. 클로로겐산은 폴리페놀 화합물의 일종으로 대장에 존재하는 미생물에 의해 가수분해되어 대장 내 유익균

이 살아가는 환경을 조성해(Kim과 Lee, 2020) 대장암 세포의 증식과 전이 과정을 억제한다는 사실이 입증되기도 하였다(Kang 등, 2011). 클로로겐산의 함량이 높을수록 항산화 효능을 증대시킬 수 있으나 이와 비례하여 카페인 함량도 높아지면서 맥주의 알코올과 반응해 혈압 증가, 탈수증 등 부정적인 효과를 초래할 우려가 있다. 이에 카페인의 함량은 낮추면서 클로로겐산의 손실은 최소화할 추가적인 연구가 필요한 것으로 보인다.

4. 요약

본 연구에서는 전라남도 지역특화 품목인 커피를 활용한 맥주 제품을 개발하기 위하여 제조 공정 단계별 품질 특성을 비교하는 연구를 수행하였다. 커피 비율(1:1, 1:2, 및 2:1)과 자비 과정 전후로 커피 투입 시기를 달리하여 CG(control group), BB1, BB2, BB3, AB1, AB2, AB3로 총 7가지의 시료를 제조하였다. 커피를 혼합한 맥주의 품질 특성을 확인하기 위해 pH, 가용성 고형분, 총산, 환원당, 알코올 도수, 색도(EBC), 효모균수를 분석하였다. 그 결과, 커피 첨가구의 가용성 고형분 함량은 3.35-4.93 °Brix, 총산 함량은 0.55-1.03%로 커피 비율별로 비교했을 때 자비 과정 전에 투입한 시료들이 더 높은 값을 보였으며, pH는 CG의 경우 pH 4.31, 커피 첨가구의 경우 pH 4.81-4.91로 커피 첨가구가 CG보다 높은 값을 보였다. CG의 초기 환원당은 0.83%, 커피 첨가구의 초기 환원당은 0.88-1.18%로 CG보다 높은 값을 보인 BB1, BB3, AB3는 알코올 도수 또한 CG보다 유의적으로 높은 값을 보였다(p<0.05). 쓴맛은 4.00-7.22 BU 값으로 커피를 넣지 않은 CG가 4.00 BU로 가장 낮은 값을 보였으며, 커피 투입량이 많을수록 쓴맛 또한 높은 값을 보였다. 색도(EBC)는 16.67-493.33으로 각 시료마

다 유의적 차이를 보였으며($p < 0.05$), 커피 첨가구는 육안으로 확인하여도 어두운 색을 띠었다. 효모균 수를 측정 한 결과, 발효 초기에는 5.71-6.62 log CFU/mL 범위를 보였으며, 발효 5 일 후에는 5.79-6.74 log CFU/mL까지 증가하였다. 최종적으로 4.89-5.39 log CFU/mL 범위를 보였다. 카페인의 함량은 0.00-1.74 mg/L이며 클로로겐산의 함량은 0.00-3.39 mg/L로 커피 투입량과 시기에 따라 유의적인 차이를 보였다. ($p < 0.05$). 커피를 첨가한 맥주의 이화학적 분석 결과를 통해 시판 맥주 및 대조구인 CG와 비교했을 때 Brix, 총산, 환원당 및 쓴맛에서 자비과정 후 커피 첨가구가 비슷한 양상을 보였으며, 그 중 맥즙과 커피 비율이 2:1인 AB3 시료가 대조구인 CG와 유사했으며, 이를 통해 맥주에서의 커피 활용 가능성을 확인할 수 있었다.

Funding

This work was carried out with the support of “Development of Technology Based on the Industrialization of Farm-Type Convergence Coffee (Project No. PJ016980)” Rural Development Administration, Republic of Korea.

Acknowledgements

None.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interest.

Author contributions

Conceptualization: Cha SH, Son DM. Methodology: Baek SE, Mun SH, Baek JH. Formal analysis: Baek SE, Mun SH. Validation: Son DM, Baek JH. Writing - original draft: Baek SE, Mun SH. Writing - review & editing: Baek SE, Mun SH, Baek JH.

Ethics approval

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

ORCID

Se-Eun Baek (First author)

<https://orcid.org/0009-0003-0504-9049>

Se-Hui Mun (First author)

<https://orcid.org/0009-0007-1621-3202>

Shang-Hwa Cha

<https://orcid.org/0000-0002-5784-4568>

Dong-Mo Son

<https://orcid.org/0009-0002-4293-2271>

Ji-Hwan Beak (Corresponding author)

<https://orcid.org/0000-0001-7759-0625>

References

- aTFIS. Liquor Market Trend. Final Report of aT, p 1-188 (2024)
- Cho SJ. Study on the changes in caffeine and antioxidant substances according to roasting conditions and extraction time of coffee beans. MS Thesis, Chungwoon University, Korea, p 1-59 (2014)
- Choi JS, Kwon YS, Jeong ST, Kang HY, Kang JE. Comparison of quality characteristics of commercially available ale-type and lager-type beers. Food Sci Preserv, 29, 292-300 (2022a)
- Choi JS, Kwon YS, Kang HY, Kang JE. Quality characteristics of beer made using yeast isolated from *makgeolli* or *muruk*. Food Sci Preserv, 29, 1164-1173 (2022b)
- Chung YK, Byun YM. Quality characteristics of sweet roll added with coffee powder. Korean J Community Living Sci, 29, 347-359 (2018)
- Hirao Y, Nakashima M, Takemori Y, Higashi Y, Kondo T, Hattori T, Inohana Y. Various analysis techniques for organic acids and examples of their application. Available from: https://www.shimadzu.co.kr/sites/shimadzu.co.kr/files/pim/pim_document_file/applications/application_note/11601/jpz20004.pdf. Accessed Oct. 7, 2024.
- Jung C, Park CS, Yeo SH, Cho HC, Noh BS. Brewing Science. Kwangmoonkag, Paju, Korea, p 1-507 (2015)
- Jung S, Kang WW. Quality characteristics of cookies prepared with flour partly substituted by used coffee grounds. Food Sci Preserv, 18, 33-38 (2011)
- Jung SJ, Chung CH. Production and properties of ale beer with *muruk*, a Korean fermentation starter. J Korean Soc Food Sci Nutr, 49, 132-140 (2017)
- Kaneda H, Takashio M, Tamaki T, Osawa T. Influence of pH on flavour staling during beer storage. J Inst Brew, 103, 21-23 (1997)
- Kang NJ, Lee KW, Kim BH, Bode AM, Lee HJ, Heo YS, Boardman L, Limburg P, Lee HJ, Dong Z. Coffee phenolic phytochemicals suppress colon cancer metastasis by targeting MEK and TOPK. Carcinogenesis, 32, 921-928 (2011)
- Kim SH, Lee NR. A study on the characteristics of coffee chlorogen acid for the improvement of the anti-cancer effects and cup qualities. J Wellness, 15, 105-115 (2020)
- 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: Understanding It for Better

- Health. Yuhan Publishing Co, Seoul, Korea, p 60-91 (2005)
- Kwon YA, Lee KG, Hong KW, Lee SJ. Improving qualities of rice beer using enzymes and amino acids. *Food Eng Prog*, 16, 151-156 (2012)
- Lee HY, Lim JG, Ko YM, Goh YJ, Ghoi SJ, Ham JK. Evaluation of sour beer using kimchi lactic acid bacteria. *Korean Soc Microbiol*, 56, 368-379 (2020)
- Lee SK, Park JY, Park HY, Choi HS, Cho DH, Oh SK, Kim HJ. Evaluation of quality characteristics of beer by addition of rice rate. *Food Sci Preserv*, 24, 758-763 (2017)
- Meng W. Production and quality characteristics of sour beer with germinated brown rice using *Leuconosotoc mesenterodies*. MS Thesis, Sejung University, Korea, p 1-117 (2022)
- MFDS. Food code. Available from: <https://various.fo odsafety korea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FC>, Accessed Sep. 11, 2024.
- National Tax Service Liquors License Support Center. Analysis Regulations of Alcoholic Beverages. NTS Liquors License Support Center Seoul, Korea, p 44-47 (2017)
- Park SH, Moon KE, OH HH, Jeong DY, Kim YS. Properties and anti-inflammatory effects of fermented product using yeast in roasted coffee beans extracts. *J Korean Soc Food Scid Nutr*, 52, 259-267 (2023)
- Song MH. History of coffee industry in Korea. *Food Sci Ind*, 53, 397-409 (2020)
- Sung SA, Lee SJ. Physicochemical and sensory characteristics of commercial top-fermented beers. *Korean J Food Sci Tech*, 49, 35-43 (2017)
- Whiting GC. Organic acid metabolism of yeasts during fermentation of alcoholc beverages: A review. *J Inst Brew*, 82, 84-92 (1976)
- Yeom HC. The effects of green tea extracts on the fermentation properties of polyphenol-enriched beers. *Edu Family Korean Soc*, 46, 49-55 (2008)