



Research Article

Comparison of quality characteristics of commercially available ale-type and lager-type beers

시판 에일형과 라거형 맥주의 품질 특성 비교

Jeong Sil Choi^{1†}, Ye Seul Kwon^{1†}, Seok Tae Jeong¹, Heui Yun Kang¹, Ji Eun Kang^{2*}

최정실^{1†} · 권예슬^{1†} · 정석태¹ · 강희윤¹ · 강지은^{2*}

¹Fermented Food Science Division, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju 55365, Korea

²Planning & Coordination Division, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju 55365, Korea

¹국립농업과학원 농식품자원부 발효가공식품과, ²국립농업과학원 기획조정과

Abstract We analyzed the physicochemical properties of commercially available top-fermented beer (ale) and bottom-fermented beer (lager) marketed in Korea to compare the quality characteristics. The following characteristics of beer were analyzed for their soluble solid content, pH, total acid content, alcohol content, volatile acid content, reducing sugar content, amino acidity, and color. As results, the pH ranged from 4.01 to 4.77, 0.10-0.23 (%) for total acid and 0.25-1.47 (mL/10 mL) for amino acidity. The alcohol content was in the range of 3.10-5.70 (%) for ale and 3.80-5.20 (%) for lager. The volatile acid content was in the range of 28.67-97.93 (mg/L) for ale and 32.80-78.87 (mg/L) for lager. Regarding the color, the EBC value of the ale beers was in the 4.78-93.98 range, and that of lager beers were in the 5.48-11.98 range. Comparison of the quality characteristics of the two types of beer, revealed differences in pH, amino acidity, total acid content, reducing sugar content, and color. In particular, total acid content ($t=-3.782$, $p<0.05$), reducing sugar content ($t=-11.744$, $p<0.05$), and color ($t=-2.882$, $p<0.05$) of ale beer showed significantly higher than those of lager beer.

Keywords beer, characteristics, commercial, comparison, quality



OPEN ACCESS

Citation: Choi JS, Kwon YS, Jeong ST, Kang HY, Kang JE. Comparison of quality characteristics of commercially available ale-type and lager-type beers. Korean J Food Preserv, 29(2), 292-300 (2022)

Received: November 08, 2021

Revised: December 14, 2021

Accepted: December 16, 2021

[†]These authors contributed equally to this study.

***Corresponding author**

Ji Eun Kang

Tel: +82-63-238-2121

E-mail: kje0516@korea.kr

Copyright © 2022 The Korean Society of Food Preservation. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

국내에서 소비되고 있는 주류 중 가장 많이 소비되는 맥주(Kim 등, 2013; Park 등, 2019)는 당화와 발효가 동시에 일어나는 약주의 병행 복발효 방식과는 달리, 맥아의 효소에 의한 당화와 이렇게 해서 생긴 당질이 효모에 의해서 알코올과 탄산가스가 생성되는 발효 공정이 구분되는 단행 복발효 방식으로 당화와 발효가 순차적으로 진행된다(Kim, 2020; Park과 Kang, 2020). 당화 시 알파 아밀라아제와 베타 아밀라아제 효소가 보리의 녹말을 당분으로 만들게 되는 것이다. 발효 시에는 효모에 의한 알코올뿐 아니라, 젖산균 등 미생물로 인해 유기산이 생성되고, 맛과 향을 부여하는 향미성분이 생성된다. 맥주의 품질은 맥즙, 부산물, 효모 종류 및 발효조건에 따라 달라진다(Lee 등, 2019). 특히, 효모는 알코올 발효 시 알코올류뿐 아니라, 알데히드류,

산류, 에스테르류, 케톤류 및 황화합물 등이 생성되므로 맥주의 품질에 영향을 준다. 맥주는 효모 종류에 따라 상면 발효 맥주와 하면 발효 맥주로 나누는데, 하면 발효 맥주는 저온 발효 맥주로 주로 라거 맥주가 여기에 속하며, 상면 발효 맥주는 하면 발효 맥주에 비해 고온 발효 맥주로 에일 맥주가 속한다(Kwak 등, 2018). 그동안 대량 생산에 의해 생산되는 저온 발효 맥주인 라거 맥주가 주를 이뤘는데, 소규모 맥주 제조업이 활성을 띄게 되면서 상면 고온 발효 맥주인 에일 맥주도 소비자가 접할 수 있게 되었다. 다양한 맥주의 생산과 수입 맥주 시장의 확대로 다양한 맥주가 소개되면서 맥주에 대한 관심이 증가되었고, 이로써 맥주에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다(Yom, 2008). 맥주의 품질은 사용 원료, 효모에 의해서 달라지지만 발효온도에 따라서도 달라진다(Kwak 등, 2018). 지금까지 시판 맥주를 가지고 진행된 연구를 살펴보면, 14종의 시판 맥주 중의 biogenic amine 함량 조사 연구(Kim 등, 2002), 시판 상면 발효맥주의 품질 및 관능 특성에 관한 연구(Sung과 Lee, 2017), 개발된 맥주와 시판 맥주의 비교(Kim 등, 2013) 등에 관한 연구가 진행되어 왔다. 그렇지만 시판되고 있는 맥

주 중 발효온도를 달리한, 즉 상면 발효 맥주와 하면 발효 맥주 품질에 대한 비교 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 시중에 판매되고 있는 다양한 맥주의 이화학적 특성을 살펴봄으로써 상면 발효 맥주와 하면 발효 맥주의 품질을 비교하여 그 특성을 밝히고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험 재료

본 실험에 사용한 맥주는 대형 소매점에서 유통되고 있는 상면 발효 맥주 13종과 하면 발효 맥주 13종을 구입하여 사용하였다. 시판 맥주의 용기에 표시된 원료, 원산지, 및 용량은 Table 1, 2와 같이 상면 발효 맥주는 A-M으로, 하면 발효 맥주는 1-13으로 표기하였다.

2.2. 맥주의 품질 특성 분석

시판 맥주의 품질 특성 분석은 주류분석 규정을 따랐다(National Tax Service Liquors License Support Center, 2014).

Table 1. Materials and ingredients of the commercial top-fermented beers (ale)

	Sub class	Ingredients	National origin	Volume (mL)
A	Wheat beer	Barley malt, wheat malt, apple pectin, orange peel, coriander seed, hop, citric acid, water	Belgium	500
B	India Pale Ale	Barley malt, wheat malt, hop, yeast, water	USA	473
C	Wheat beer	Barley malt, wheat malt 5%, hop, hop extract, yeast, water	Germany	500
D	Wheat beer	Barley malt, wheat malt, hop, yeast, water	Germany	500
E	Golden ale	Malt, hop, water	USA	473
F	Pale ale	Barley malt, hop pellet, yeast, calcium sulfate, calcium chloride, zinc sulfate, water	Korea	500
G	IPA	Barley malt, hop, yeast, lotus leaf, acid regulator, zinc sulfate, calcium chloride, water	Korea	500
H	Amber ale	Barley malt, hop, yeast, maekmundong (<i>Liriope platyphylia</i>), calcium chloride, CO ₂ , water	Korea	500
I	Wheat beer	Barley malt, wheat malt, hop pellet, yeast, orange zest, coriander, hallabong, calcium sulfate, calcium chloride, zinc sulfate, water	Korea	500
J	Wheat beer	Malt, wheat, glucose syrup, synthetic flavor (caramel), hop extract, orange peel, coriander, citrus flavor, water	Poland	500
K	Stout	Malt, barley, roasted barley, hop, yeast, water	Ireland	440
L	Belgian brown ale	Malt, corn, barley, sugar, hop, water	Belgium	500
M	Pale ale	Barley malt, oat flake, hop, yeast, water	Belgium	330

Table 2. Materials and ingredients of the commercial bottom-fermented beers (lager)

	Sub class	Ingredients	National origin	Volume (mL)
1	Pale lager	Malt, starch, yeast, hop, water	Korea	500
2	Pale lager	Malt 70%, starch, yeast, hop, water	Korea	500
3	Pale lager pilsner	Malt, starch, yeast, hop, water	Korea	500
4	Pale lager	Malt 10%, starch, yeast, hop, water	Korea	500
5	Pale lager pilsner	Malt, starch, yeast, hop, water	Japan	500
6	Pale lager	Malt, rice, yeast, hop, water	USA	500
7	Light lager	Malt, corn, yeast, hop, water	Mexico	355
8	Pale lager	Malt, yeast, hop, water	Korea	500
9	Pale lager pilsner	Malt, corn, yeast, hop, water	Belgium	500
10	Pale lager	Malt, corn, rice, yeast, hop, water	Japan	500
11	Pale lager	Malt, yeast, hop, water	China	500
12	Pale lager	Malt 100%, yeast, hop, water	Korea	500
13	Rice lager	Rice, koji, wheat bran, yeast, hop, water	Korea	330

2.3. pH, 총산 함량 및 아미노산도 측정

pH는 pH meter(Orion 3 star, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)로 상온에서 측정하고, 총산 함량은 각 시료 10 mL를 중화시키는 데 소비되는 0.1 N NaOH(Yakuri Pure Chemicals Co., Kyoto, Japan)의 소비량으로 나타내고 시트르산으로 환산하였다. 아미노산도는 10 mL에 0.1 N NaOH 용액으로 pH 8.2까지 적정한 다음 formalin(Yakuri Pure Chemicals Co., Kyoto, Japan) 용액 5 mL를 가하고 유리된 산을 중화하는 데 소비되는 0.1 N NaOH의 양을 mL 수로 나타냈다.

2.4. 가용성 고형분 및 환원당 함량 측정

가용성 고형분(°Brix)은 휴대용 굴절 당도계인 Digital refractometer(PR101, ATAGO®, Tokyo, Japan)를 이용하여 3회 반복하여 측정하였다. 환원당은 dinitrosalicylic acid (DNS)법을 이용하여 분석하였다. 먼저 희석한 시료 용액 0.2 mL에 DNS 시약 0.6 mL를 넣어 끓는 수욕 중에서 5분 동안 끓여준 다음, 실온에서 냉각하였다. 냉각 후 증류수 4.2 mL를 넣고 잘 혼합한 후, 분광광도계(JP/U-2000 spectrophotometer, Hitachi, Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하여 환원당을 측정

하였다. Glucose(Junsei Chemical Co., Tokyo, Japan) 표준 검량선을 이용하여 환원당 함량(%)을 계산하였다.

2.5. 알코올 및 휘발산 함량 측정

알코올 함량을 측정하기 위해 각 시료 100 mL에 증류수 100 mL를 혼합하여 증류하였다. 증류액 약 80 mL를 받고 증류수로 100 mL까지 정용한 후, 증류액을 15°C로 조정하여 간이 알코올 분석기(AL-3, RIKEN KEIKI, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 휘발산 함량은 알코올 농도 측정에 사용한 증류액 30 mL를 취한 후, phenolphthalein(Showa chemicals Inc., Tokyo, Japan) 용액 2-3방울을 첨가한 후 0.01 N NaOH를 이용하여 자홍빛으로 변할 때(pH 8.2-8.3) 까지 적정하고 mg/L(ppm) 단위로 나타내 주었다.

2.6. 색도 측정

맥주의 색도는 European Brewery Convention(EBC)에서 정한 분석 규격에 따라 측정하였다(Kim 등, 2013; Koren 등, 2020; Navarro 등, 2007). 즉, EBC values는 standard Analytica-EBC color 측정 방법으로 UV-visible spectrophotometer(JP/U-2000 spectrophotometer, Hitachi Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 430 nm에서 측

정한 흡광도 값에 25를 곱해준 값으로 나타내었다.

2.7. 통계 분석

모든 데이터는 3회 반복 측정하였으며, 평균±표준편차로 표시하였다. 통계분석은 SPSS 프로그램 26.0 버전 (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 품질 특성에 대하여 처리구간의 유의적인 차이를 알아보기 위해 일원분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였다. 시료 간 유의적인 차이가 있을 경우, $\alpha=0.05$ 수준에서 Duncan의 다중범위 검정을 실시하였다. 또한, 각 맥주의 이화학적 특성과 시료 간의 관계를 시각적으로 도표화하기 위해 주성분 분석(PCA)을 실시하였으며, 상면 발효 맥주와 하면 발효 맥주의 품질 특성 차이를 알아보기 위해 유의수준을 5% ($p<0.05$)로 설정하여 독립표본 t-검정으로 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 시판 상면발효 맥주의 품질 특성

국내에서 시판되고 있는 상면발효 맥주 13종의 품질 특성은 Table 3과 같다. 모든 품질 특성에서 시료 간의 유의

적인 차이가 나타났다($p<0.05$). 이러한 결과는 맥주 제조 시 사용한 원료나 사용량 등에 의한 것으로, 실험에 사용한 시판 상면발효 맥주는 wheat beer, IPA, golden ale, pale ale, amber ale, brown ale, stout 등으로 색에서도 차이가 나는 맥주였다. 맥주의 pH는 4.01-4.77로 나타났고, K 시료가 가장 낮은 pH 4.01로 나타났다. 맥주에서의 pH는 맛뿐만 아니라, 물리적인 안정성과 미생물적인 안정성에 영향을 준다고 보고되었다(Jung과 Chung, 2017). 총산의 경우 0.10-0.23%이었으며, 아미노산도는 0.31-1.47 mL/10 mL이었다($p<0.05$). 총산과 아미노산도는 B 시료에서 유의적으로 높게 나타났다. 환원당 함량은 0.34-0.89%로 A 시료가 유의적으로 가장 높은 수치를 나타냈다. 반면, 가용성 고형분 함량은 4.40-8.30 °Brix로 L 시료가 가장 높은 함량을 나타냈다. 환원당 함량과 가용성 고형분 함량은 술에 있어서 단맛에 영향을 주는데, L 시료가 단맛에 많은 영향을 줄 것으로 사료된다(Lee 등, 2017). 알코올 함량은 3.10-5.70%이었고, 알코올 함량에 있어서 맥주에 따라 크기는 약 2.0%까지도 차이가 났다. 가장 높은 알코올 함량은 5.70%를 나타낸 L 시료였고, 가장 낮은 알코올 함량은 3.10%의 C 시료였다. 휘발산 함량은 28.67-97.93 mg/L

Table 3. The quality properties of top-fermented beers (ale)

	pH	Total acid (% citric acid)	Amino acidity (mL/10 mL)	Reducing sugar (%)	Soluble solid (°Brix)	Alcohol (%)	Volatile acid (mg/L)	Color (EBC)
A	4.26±0.01 ^{1)g2)}	0.16±0.01 ^{ode}	0.44±0.05 ^a	0.89±0.00 ^a	5.30±0.00 ^a	3.20±0.00 ^a	57.33±1.50 ^{cd}	4.78±0.04 ⁱ
B	4.46±0.01 ^d	0.23±0.00 ^a	1.53±0.04 ^a	0.60±0.00 ^j	7.30±0.00 ^b	4.70±0.00 ^c	35.33±0.31 ^h	16.19±0.01 ^{gh}
C	4.12±0.01 ⁱ	0.17±0.01 ^{cd}	0.31±0.02 ^h	0.34±0.01 ^l	4.90±0.00 ^j	3.10±0.00 ^h	58.53±1.01 ^c	18.51±0.02 ^{fg}
D	4.27±0.01 ^g	0.19±0.00 ^b	0.59±0.06 ^{ef}	0.71±0.01 ^e	6.60±0.00 ^d	4.10±0.00 ^e	80.00±1.06 ^b	19.40±0.00 ^f
E	4.77±0.01 ^a	0.13±0.00 ^f	1.31±0.04 ^b	0.72±0.00 ^d	4.90±0.00 ^j	3.40±0.00 ^f	35.00±2.71 ^h	11.09±0.04 ⁱ
F	4.58±0.01 ^b	0.15±0.00 ^e	1.47±0.09 ^a	0.62±0.01 ^h	6.40±0.00 ^e	5.30±0.00 ^b	35.93±1.50 ^h	15.02±0.02 ^h
G	4.38±0.01 ^f	0.16±0.00 ^{de}	0.82±0.05 ^d	0.66±0.00 ^g	6.70±0.00 ^c	3.40±0.00 ^f	46.60±1.11 ^f	43.36±0.06 ^c
H	4.45±0.01 ^{de}	0.17±0.00 ^c	1.07±0.04 ^c	0.67±0.00 ^f	4.80±0.00 ^k	3.40±0.00 ^f	36.40±0.60 ^h	29.70±0.05 ^d
I	4.39±0.01 ^f	0.13±0.00 ^f	0.61±0.04 ^e	0.47±0.00 ^j	5.00±0.00 ^j	3.20±0.00 ^g	28.67±0.12 ⁱ	7.19±0.01 ^j
J	4.45±0.01 ^e	0.10±0.00 ^g	0.62±0.03 ^e	0.76±0.00 ^c	4.40±0.00 ^l	2.50±0.00 ^j	53.53±1.33 ^e	24.23±0.00 ^e
K	4.01±0.01 ^j	0.15±0.01 ^e	0.44±0.06 ^a	0.46±0.00 ^k	5.03±0.06 ^h	4.30±0.00 ^d	40.67±0.42 ^a	93.98±0.55 ^a
L	4.20±0.00 ^h	0.16±0.00 ^e	0.52±0.05 ^{fg}	0.84±0.01 ^b	8.30±0.00 ^a	5.70±0.00 ^a	97.93±0.83 ^a	58.84±6.53 ^b
M	4.49±0.01 ^c	0.19±0.01 ^b	1.02±0.05 ^c	0.65±0.00 ^g	6.00±0.00 ^f	4.10±0.00 ^e	55.93±0.64 ^d	23.99±0.42 ^e

¹⁾All values are mean±standard deviation (n=3).

^{2)a-l}Means in a row by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test.

범위로 나타났다. 휘발산은 주로 포도주에서 발효나 숙성 중 이상 발효를 했다는 척도로 사용되어서 그 함량이 많다는 것은 품질이 나쁘다고 할 수 있다(Jeong 등, 2015). 색도(EBC)는 4.78-93.98 범위로 나타났는데, 시료 간의 많은 차이를 보였다. 맥주의 색은 소비자의 선택에 있어서 가장 먼저 고려하는 특성이다. 맥주의 색은 원료 자체, 공정에서 기인하고, 또한 숙성과 저장 중에 맥아나 홉으로부터 유래된 폴리페놀의 산화에 의해서도 기인된다. 낮은 EBC 값은 담색, 즉 pale 맥주이고, 높은 EBC 값은 농색, 즉 dark 맥주이다(Koren 등, 2020). 가장 낮은 EBC 값을 보인 A 시료는 pale ale과 같이 담색을 띠는 wheat 맥주였고, 가장 높은 EBC 값을 보인 K 시료가 dark 맥주인 stout였다.

3.2. 시판 상면발효 맥주의 주성분 분석

시판 상면발효 맥주의 품질 특성을 시각적으로 도표화하기 위해 주성분 분석(PCA)을 실시한 결과, 주성분 1이 34.08%, 주성분 2가 29.85%로 총 63.93%를 설명하는 것으로 나타났다(Fig. 1). 주성분 1의 양의 방향으로는 pH, 총산, 휘발산, 알코올이 분포되어 있으며, 음의 방향으로는 아미노산도, 색도, 환원당, 가용성 고형분 함량이 분포되어 있다. 특히, 음의 방향으로 분포되어 있는 L, D, G는 Table 3에서 보는 바와 같이 짙은 색을 가진 맥주임을 알 수 있었다. 주성분 2로는 양의 방향에서 모든 품질 특성이 분포되

어 있다. 주성분 1의 양의 방향으로 분포되어 있는 것은 I, J, H, E, M, F, B 맥주였다. Table 1에서 보는 바와 같이 첨가물이 많은 것과 적은 것으로 분류가 되는 것으로 추측된다. 그림 중앙에 위치한 A와 G는 총산이 0.16%로 같았다.

3.3. 시판 하면발효 맥주의 품질 특성

시판 하면발효 맥주에는 일반적으로 복(Bock), 둔켈(Dunkel), 필스너(Pilsner), 페일 에일(Pale lager) 등이 있다. 국내에서 시판되고 있는 하면발효 맥주 13종의 종류와 품질 특성은 Table 4와 같다. 모든 품질 특성에서 시료 간의 유의적인 차이가 나타났다($p < 0.05$). 이러한 결과는 상면발효 맥주와 마찬가지로 맥주 제조 시 사용한 원료나 사용량 등에 의한 것으로 추측된다. 시판 하면발효 맥주의 pH는 4.06-4.49로 나타났고, 4, 13번 시료처럼 맥아가 적게 첨가(맥아 첨가량 10% 미만)된 맥주에서 pH가 유의적으로 낮게 나타났다. 하면발효 맥주의 일반적인 pH는 4.2-4.4라고 하는데, 이 범주보다는 적은 수치를 보였다(Kadena 등, 1997). 총산의 경우 0.10-0.15%이었으며, 아미노산도는 0.27-1.45 mL/10 mL로 시판 상면발효 맥주의 아미노산도보다는 낮은 범위를 나타냈다($p < 0.05$). 총산 함량과 아미노산도는 맥아 첨가량이 낮은 13번 시료에서 유의적으로 낮게 나타났다($p < 0.05$). 색도(EBC)는 5.48-11.93 범위로 나타났는데, 맥아 첨가량이 낮은 4번과 13번 시료에서 유

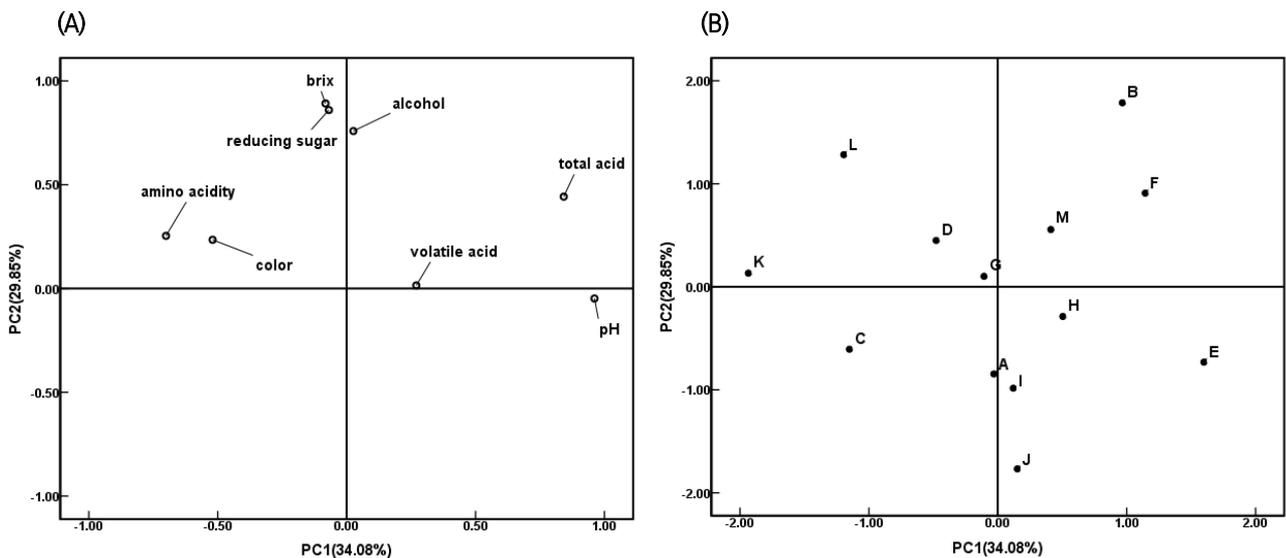


Fig. 1. Principal component analysis of quality characteristics (A) Loading plot and top-fermented beer samples (ale) (B) Score plot.

Table 4. The quality properties of bottom-fermented beers (lager)

	pH	Total acid (%, citric acid)	Amino acidity (mL/10 mL)	Reducing sugar (%)	Soluble solid (°Brix)	Alcohol (%)	Volatile acid (mg/L)	Color (EBC)
1	4.07±0.01 ¹⁾⁽²⁾	0.14±0.00 ^b	0.62±0.04 ^h	0.08±0.00 ^h	4.57±0.06 ^j	4.27±0.06 ^{de}	75.47±0.92 ^b	8.03±0.68 ^e
2	4.27±0.02 ^d	0.10±0.01 ^e	0.52±0.01 ⁱ	0.12±0.00 ^{cd}	5.60±0.00 ^e	4.13±0.06 ^{ef}	59.53±1.51 ^d	6.69±0.08 ^g
3	4.24±0.02 ^d	0.10±0.00 ^{ef}	0.65±0.05 ^{gh}	0.11±0.00 ^e	5.37±0.06 ^f	4.20±0.00 ^{de}	54.60±2.12 ^e	6.14±0.18 ^h
4	4.15±0.02 ^e	0.11±0.01 ^d	0.37±0.01 ^j	0.14±0.00 ^g	5.77±0.06 ^c	3.83±0.12 ^g	78.87±2.14 ^a	11.79±0.13 ^a
5	4.49±0.03 ^a	0.15±0.00 ^a	1.17±0.01 ^b	0.12±0.00 ^{bc}	6.37±0.06 ^a	5.20±0.10 ^a	66.93±0.83 ^c	9.43±0.35 ^c
6	4.40±0.03 ^c	0.15±0.01 ^a	1.03±0.01 ^c	0.10±0.00 ^g	5.20±0.00 ^h	4.43±0.06 ^{cd}	32.80±0.40 ^h	5.48±0.48 ⁱ
7	4.37±0.01 ^c	0.13±0.01 ^c	0.95±0.04 ^d	0.15±0.00 ^a	5.80±0.00 ^c	3.90±0.10 ^{fg}	43.47±0.61 ^g	7.14±0.09 ^{fg}
8	4.44±0.01 ^b	0.15±0.00 ^a	1.45±0.04 ^a	0.12±0.00 ^b	6.37±0.06 ^a	4.73±0.15 ^b	67.27±1.17 ^c	10.60±0.13 ^b
9	4.47±0.02 ^{ab}	0.15±0.00 ^a	0.84±0.03 ^e	0.12±0.00 ^d	5.90±0.00 ^b	4.33±0.06 ^{de}	50.60±2.78 ^f	7.23±0.10 ^f
10	4.18±0.01 ^e	0.11±0.01 ^d	0.56±0.02 ^j	0.10±0.00 ^g	5.30±0.00 ^g	4.63±0.29 ^{bc}	43.20±0.80 ^g	8.05±0.17 ^e
11	4.38±0.02 ^c	0.10±0.01 ^{ef}	0.69±0.03 ^g	0.10±0.00 ^g	5.10±0.00 ^j	3.80±0.26 ^g	33.53±1.17 ^h	6.04±0.04 ^h
12	4.44±0.02 ^b	0.12±0.00 ^d	0.74±0.03 ^f	0.11±0.00 ^f	5.70±0.00 ^d	4.07±0.15 ^{efg}	65.40±1.44 ^c	8.64±0.09 ^d
13	4.06±0.03 ^f	0.10±0.00 ^f	0.27±0.03 ^k	0.11±0.00 ^{ef}	4.13±0.06 ^k	5.07±0.25 ^a	75.80±1.25 ^b	10.52±0.14 ^b

¹⁾All values are mean±standard deviation (n=3).

^{2)a-k}Means in a row by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test.

의적으로 높게 나타났다($p < 0.05$). 일반적으로 맥주의 색상은 농색맥주(45-95 EBC)와 담색맥주(5.3-7.5 EBC)로 구분되는데(Jeong 등, 2015), 본 연구에서 분석된 시판맥주는 담색맥주의 범위를 다소 초과하였다. 환원당 함량은 0.08-0.10%, 가용성 고형분 함량은 4.13-6.37 °Brix이었다. 특히, 환원당 함량의 범위가 상면발효 맥주의 0.34-0.89%에 비하면 적은 양을 나타낸 것으로 보아 단맛이 덜할 것으로 추측된다. 알코올 함량은 3.80-5.20%, 휘발산은 32.80-78.87 mg/L 범위로 나타났다.

3.4. 시판 하면발효의 주성분 분석

시판 하면발효 맥주의 품질 특성을 시각적으로 도표화하기 위해 주성분 분석(PCA)을 실시한 결과, 주성분 1이 39.83%, 주성분 2가 27.28%로 총 67.11%를 설명하는 것으로 나타났다(Fig. 2). 주성분 1의 양의 방향으로는 pH, 총산, 아미노산도, 환원당, 가용성 고형분 함량, 알코올이 분포되어 있으며, 음의 방향으로는 휘발산, 색도가 분포되어 있었다. 주성분 2로는 양의 방향에서 pH를 제외한 모든 품질 특성이 분포되어 있다. 주성분 1의 양의 방향으로 분포되어 있는 것은 5, 6, 7, 8, 9, 12 맥주였다. 주성분 1의

양의 방향에 위치한 5, 8번 시료의 경우, 아미노산도와 산도 알코올이 유의적으로 높게 나타났고, 주성분 2의 양의 방향에 위치한 4번 시료의 경우 환원당이 유의적으로 높게 나타났다. 5, 8번 시료는 맥아가 100%, 7번 시료는 맥아보다 옥수수 함량이 주를 이루고, 4번 시료는 맥아 함량이 10% 미만으로 맥주 원료 차이에 의한 품질 특성 차이가 나타남을 알 수 있다. 쌀을 첨가하여 제조한 13번 시료의 경우 알코올, 휘발산, 색도가 유의적으로 높게 나타나, 쌀에 함유된 전분, 단백질, 무기질 함량에 의해 영향을 받은 것으로 사료된다.

3.5. 시판 상면발효 맥주와 하면발효 맥주의 비교

시판 상면발효 맥주와 하면발효 맥주의 품질 특성을 비교한 결과, 총산($t = -3.782$, $p < 0.05$), 환원당($t = -11.744$, $p < 0.05$), 색도($t = -2.882$, $p < 0.05$)에서 통계적으로 유의적 차이가 있는 것으로 나타났으며, 시판 상면발효 맥주의 평균이 시판 하면발효 맥주의 평균보다 높았다(data not shown). 일반적으로 상면발효 맥주가 더 많은 홉을 사용하고 밀도 사용하기도 해서, 하면발효 맥주보다는 알코올 함량이 높다고 한다(Seo 등, 2020). 시판 상면발효 맥주와 하

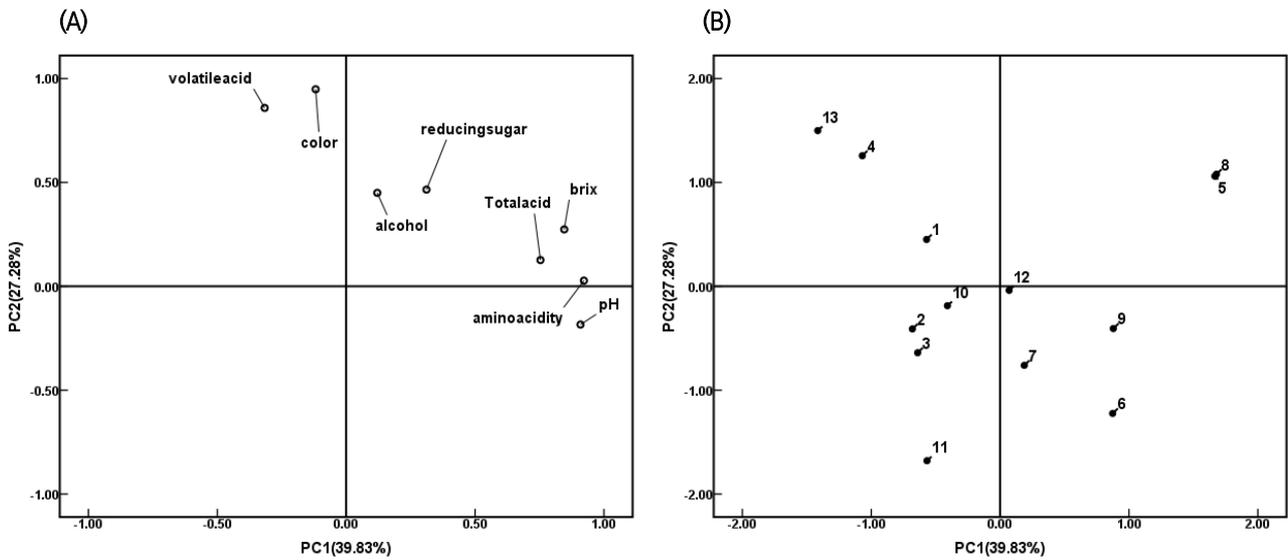


Fig. 2. Principal component analysis of quality characteristics (A) Loading plot and bottom-fermented beer samples (lager) (B) Score plot.

면발효 맥주의 알코올 함량을 비교했을 때 시판 상면발효 맥주는 3.10-5.70% 범위였고, 시판 하면발효 맥주는 3.80-5.20% 범위였다. 시판 상면발효 맥주와 하면발효 맥주의 품질 특성을 비교하기 위해 시각적으로 도표화 하기 위해 주성분 분석(PCA)을 실시한 결과, 주성분 1이 36.64%, 주성분 2가 27.55%로 총 64.19%를 설명하는 것으로 나타났다(Fig. 3). 주성분 1의 양의 방향으로서는 pH, 총산, 아미

노산도, 환원당, 색도가 분포되어 있으며, 음의 방향으로서는 휘발산, 알코올, 가용성 고형분 함량이 분포되어 있었다. 주성분 2로는 양의 방향에서 가용성 고형분, 아미노산도, pH가 분포되어 있다. 주성분 1의 양의 방향으로 분포되어 있는 것은 상면발효 맥주였다. 주성분 1의 음의 방향으로 분포되어 있는 것은 하면발효 맥주였다. 맥주의 품질 특성 중 pH, 아미노산도, 총산, 환원당 함량, 색도에 의해서 시판

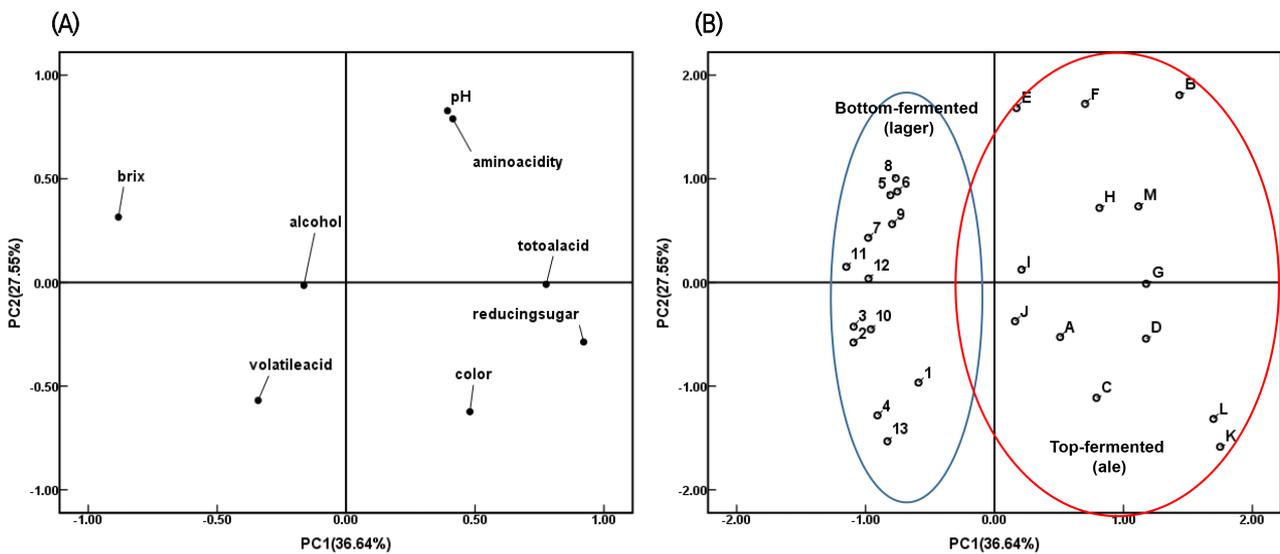


Fig. 3. Principal component analysis of quality characteristics of all kinds of beer (A) Loading plot and top-fermented beer samples (ale) and bottom-fermented beer samples (lager) (B) Score plot.

상면발효 맥주와 시판 하면발효 맥주가 구분됨을 알 수 있었다.

4. 요약

국내에서 시판되고 있는 상면발효 맥주와 하면발효 맥주의 품질 특성을 알아보기 위해 pH, 총산, 아미노산도, 가용성 고형분, 환원당, 알코올, 휘발산 함량 및 색도를 분석하였다. pH는 모든 맥주에서 4.01-4.77 범위였으며 총산의 경우 0.10-0.23%이었고, 아미노산도는 0.25-1.47 mL/10 mL로 나타났다. 가용성 고형분과 환원당 함량은 각각 4.13-8.30 °Brix, 0.08-0.10%로 나타났다. 알코올 함량은 시판 상면발효 맥주는 3.10-5.70% 범위였고, 시판 하면발효 맥주는 3.80-5.20% 범위였다. 휘발산 함량은 28.67-97.93 mg/L와 32.80-78.87 mg/L 범위로, 상면발효 맥주와 하면발효 맥주에서 나타났다. 색도(EBC)에 있어서는 시판 상면발효 맥주가 4.78-93.98 범위로, 시판 하면발효 맥주가 5.48-11.93 범위로 나타났다. 두 타입 맥주의 품질을 비교한 결과, pH, 아미노산도, 총산, 환원당 함량, 및 색도에서 차이가 나며 특히, 총산($t=-3.782$, $p<0.05$), 환원당($t=-11.744$, $p<0.05$), 색($t=-2.882$, $p<0.05$)에서 시판 상면발효 맥주의 평균이 시판 하면발효 맥주의 평균보다 유의적으로 높은 차이를 보였다.

감사의 글

본 연구는 국립농업과학원 농업과학기술 연구 개발 사업(과제번호: PJ01495501)의 지원에 의해 이루어진 것이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interest.

Author contributions

Conceptualization: Kang JE. Data curation: Choi JS, Kwon YS. Formal analysis: Kwon YS, Kang JE. Methodology: Kang JE. Validation: Kwon YS. Writing - original draft: Choi JS, Kwon YS. Writing - review & editing: Jeong ST, Kang HY.

Ethics approval

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

ORCID

Jeong Sil Choi (First author)

<https://orcid.org/0000-0002-9036-0047>

Ye Seul Kwon (First author)

<https://orcid.org/0000-0002-2608-5108>

Seok Tae Jeong

<https://orcid.org/0000-0001-9997-2763>

Heui Yun Kang

<https://orcid.org/0000-0001-5479-7973>

Ji Eun Kang (Corresponding author)

<https://orcid.org/0000-0001-8194-7455>

References

- Jeong C, Park CS, Yeo SW, Jo HC, No BS. Brewing Science. Gwangmungak, Paju, Korea, p 328 (2015)
- Jeong SH, Chang EH, Hur YY, Jeong SM, Nam JC, Koh SW, Choi IM. Phenolic compounds of must and wine supplemented with Muscat Bailey A grape fruit stem. Korean J Food Preserv, 22, 91-99 (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)
- Kadena H, Takashio M, Tamaki T, Osawa T. Influence of pH on flavour staling during beer storage. J Inst Brew, 103, 21-23 (1997)
- Kim G. History of Korean brewing industry. Food Sci Ind, 53, 225-234 (2020)
- Kim JH, Ahn HJ, Hong JH, Han SB, Byun MW. Survey of biogenic amines contents in commercial beers. Korean J Food Sci Technol, 34, 1127-1129 (2002)
- Kim KH, Park SJ, Kim JE, Dong H, Park IS, Lee J, Hyun SY, Noh BS. Assessment of physicochemical characteristics among different types of pale ale

- beer. *Korean J Food Sci Technol*, 45, 142-147 (2013)
- Koren D, Vecseri BH, Kun-Farkas G, Urbin A, Nyitrai A, Sipos L. How to objectively determine the color of beer? *J Food Sci Technol*, 57, 1183-1189 (2020)
- Kwak HJ, Kim KS, Lee BS, Li XH, Lee JH. Analysis of purine content in beer according to fermentation temperature. *Korean J Microbiol*, 54, 379-383 (2018)
- 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)
- Lee YB, Ko DJ, Cheong C. A study on the quality characteristics of rice beer using brewing yeast isolated from nuruk. *J Korea Acad Industrl Coop Soc*, 20, 340-347 (2019)
- National Tax Service Liquors License Support Center. Analysis Regulations of Alcoholic Beverages. Seoul, Korea, p 53-54 (2014)
- Navarro S, Perez G, Navarro G, Mena L, Vela L. Variability in the fermentation rate and colour of young lager beer as influenced by insecticide and herbicide residues. *Food Chem*, 105, 1495-1503 (2007)
- 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)
- Park JS, Kang ST. Quality characteristics of beer with pine bark extract. *Food Eng Prog*, 24, 38-44 (2020)
- Seo SH, Kim EJ, Park SE, Park DH, Park KM, Na CS, Son HS. GC/MS-based metabolomics study to investigate differential metabolites between ale and lager beers. *Food Biosci*, 36, 1-8 (2020)
- Sung SA, Lee SJ. Physiochemical and sensory characteristics of commercial top-fermented beers. *Korean J Food Sci Technol*, 49, 35-43 (2017)
- Yom HC. The effect of green tea extracts on the fermentation properties of polyphenol-enriched beers. *Fam Environ Res*, 46, 49-55 (2008)