

울무미강 추출물을 이용한 맥주의 품질 특성

김예슬¹ · 용지은¹ · 강성태^{2*}

¹서울과학기술대학교 식품공학과 석사과정, ²서울과학기술대학교 식품공학과 교수

Quality Characteristics of Beer Produced Using *Coix lacryma-jobi* Bran Extract

Ye-Seul Kim¹, Ji-Eun Yong¹ and Sung-Tae Kang^{2*}

¹Master's Student, Dept. of Food Science and Technology, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01811, Republic of Korea

²Professor, Dept. of Food Science and Technology, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01811, Republic of Korea

ABSTRACT

Dry-heated *Coix lacryma-jobi* bran (CL) was extracted with hot-water at 80°C to measure the quality characteristics of varying extraction times. A *Coix lacryma-jobi* bran extract (CLBE) with the highest polyphenol and flavonoid contents was obtained. CL-beer samples were prepared by replacing the saccharification water with 20%, 40%, and 60% of CLBE (CL-20, CL-40 and CL-60, respectively). The quality characteristics of CL-beers during fermentation and storage were subsequently investigated. The contents of reducing sugars and soluble solids, specific gravity, and alcohol content of the beers increased with increasing amounts of the CLBE added. Maximum values were obtained at CL-60. Compared to the control group, the polyphenol and flavonoid contents, and ABTS and DPPH radical scavenging activities showed a dose-dependent increase in the CL-beers. The values were observed to decrease during fermentation and the storage period. Our results confirm that the production of beer using *Coix lacryma-jobi* bran increases the alcohol content of beer and improve antioxidant functions.

Key words: *Coix lacryma-jobi* bran extract, ale beer, polyphenol, flavonoid, quality characteristics, antioxidant activity

서 론

맥주는 보리를 발아시켜 맥아를 만들 때 생기는 α -amylase, β -amylase 효소들이 전분을 분해하여 당분을 만들고 생성된 당을 효모가 이용해 발효시켜 만든 단행복발효형 발효주이다(Jung SJ & Chung CH 2017; Sung SA & Lee SJ 2017). 맥주와 같은 알코올 음료의 light-to-moderate(0.5–3 cups/day) 소비는 단백질, 비타민 B, 무기물, 항산화 성분인 폴리페놀, 에탄올, 식이섬유, prebiotic 성분 등에 의해 인간의 건강에 도움을 줄 수가 있으며(Bamforth CW 2009; Sohrabvandi S 등 2010), 영양 공급, 항돌연변이 및 항암효과, 심혈관 질환의 경감, 항고지혈증 효과, 면역계 자극, 항골다공증 효과, 치매 리스크의 경감 등 인간의 건강에 도움을 줄 수 있음이 밝혀져 있다(Sohrabvandi S 등 2012; Gémes T 등 2016). 또한, 세계 각국은 자국의 농산물 소비와 농가소득 증대 및 일자리 창출을 위해 맥주산업을 주요 전략산업으로 육성하고 있다(Cheong C 등 2015). 국내에서도 주세법 일부 개정을 통해

맥주 제조시설을 완화하고 소규모 맥주 산업 활성화를 위한 정부차원의 정책적인 뒷받침이 이루어지고 있다(Cheong C 등 2015). 한편 맥주는 맥아 이외에 사용되는 부원료의 종류에 따라 맥주와 발포주의 성분과 풍미가 변화하며(Tsakamoto S 등 2009), 맥아 이외의 재료 중 식물성 원료를 첨가하면 음료에 특정한 맛을 부여하고 농산물에 대한 수요를 증가시키며(Penkina N 등 2017), 식물성 식품을 부원료로 첨가함으로써 맥주의 산화방지제로서의 역할을 하며 인체에 미치는 알코올의 산화 및 독성 영향을 줄일 수 있고, 기능적인 효과, 관능적 향상 그리고 더 긴 유통기한을 가질 수 있다는 이점이 있다(Penkina N 등 2015). 울무는 멥쌀과 비교하여 단백질과 지질 함량이 각각 2.4배, 8배 높으며, 비타민 B군 함량도 훨씬 높아 영양적 가치가 우수하다(Son MH 등 2019). 이러한 효능을 가지고 있는 울무에 대한 연구는 탁주(Shin SY 등 2003), 양갱(Hasegawa H 등 2021), 청국장(Park JH 등 2011) 등 진행된 사례가 많으나 울무를 도정하며 생긴 부산물인 울무미강에 대한 연구는 미흡하다. 쌀을 가공하며 생긴 부산물인 미강을 이용한 연구(Jang KH 등 2010)와 밀을 가공하며 생기는 부산물인 밀기울을 이용한 연구(Hwangbo MH

* Corresponding author : Sung-Tae Kang, Tel: +82-2-970-6736, Fax: +82-2-970-9736, E-mail: kst@seoultech.ac.kr

2022) 또한 활발히 진행되고 있으므로 울무를 가공하며 생긴 부산물인 울무미강 또한 여러 방면으로 이용 가능할 것으로 판단된다. 울무미강은 수분 8.0%, 단백질 16.5%, 지방 28.7%, 탄수화물 40.0%, 회분 6.8%로 구성되어 있다고 보고하였으며(Son MH 2021), 배유 부분인 울무보다 울무미강이 항산화 능력이 높다고 보고하였다(Son MH 등 2019). 현재 울무미강은 대부분이 사료로 이용되고 있으나 식품에 활용한 사례는 극히 적다. 상대적으로 값이 싼 부산물인 울무미강을 식품에 활용할 경우 경제적인 측면과 기능적인 측면에서의 활용이 기대된다. 따라서 본 연구에서는 식물성 기능성 재료 중 하나인 울무미강을 활용한 맥주를 제조하기 위해 폴리페놀, 플라보노이드 함량이 높은 울무미강 추출물의 최적 제조 조건을 연구하고 울무미강 추출물을 0%, 20%, 40%, 60% 비율대로 당화용수를 대체하여 첨가하여 항산화기능과 맥주의 발효에 긍정적인 영향을 줄 수 있는 맥주를 개발하고자 한다.

재료 및 방법

1. 재료

본 연구에 사용된 울무미강은 연천농협 울무가공공장에서 지원받아 사용하였다. 맥주 제조에 필요한 재료인 Pale ale malt(Weyerman, Bamberg, Germany), 홉 제품인 Cascade 7.8% pellets(Yakima Chief, Yakima, WA, USA) 그리고 맥주 효모는 *Saccharomyces cerevisiae*인 Safale US-05 Ale yeast(Algist Bruggeman, Gent, Belgium)는 서울홈브루(Seoul Homebrew, Seoul, Korea)에서 구입하였다. 당화용 효소제는 *Bacillus subtilis*로 생산된 액상효소 Spezyme LT300(a-

amylase, 40,000 BAU/g)을 (주)비전바이오캠(Seongnam, Korea)으로부터 제공받아 사용하였다. 맥주의 발효에 필요한 균주는 맥아 23.5 g과 증류수 100 mL를 67°C에서 1시간 당화한 맥즙을 121°C에서 15분 동안 멸균 처리한 후 효모 1 g을 넣고 25°C에 48시간 동안 2회 계대배양하여 효모액을 준비하였다(Park JS & Kang ST 2020).

2. 울무미강의 열수 추출

울무미강은 표준체(50 mesh)를 사용하여 체에 통과시킨 후 사용하였다. 울무미강 추출물을 제조하기 위해 건열 처리한(210°C, 15분) 울무미강을 10배에 해당하는 증류수와 혼합한 뒤 80°C에서 각각 30분, 1시간, 3시간, 6시간, 12시간, 18시간, 그리고 24시간 동안 열수 추출하였다.

3. 울무미강 추출물-맥주의 제조

울무미강 추출물을 시용한 맥주는 Yang HM 등(2017)의 방법을 변형하여 당화 용수의 20%, 40%, 60%(v/v)를 울무미강 추출물로 대체하여 ale 타입의 맥주(CL-beer)를 Table 1의 배합비로 제조하였다. 제조된 맥주는 각각 CL-20, CL-40, 그리고 CL-60으로 나타내었다. 울무미강 추출물을 표준체(100 mesh)를 사용하여 체에 통과시킨 후 초기 당화 용수의 0% (control), 20%, 40%, 60%(v/v)를 추출물로 대체하여 첨가한 후 맥아와 증류수, 맥아 총량의 0.1%(w/w)로 당화 효소를 넣고 67°C에서 1시간 동안 10분마다 1분씩 교반하며 당화하였다. 이를 면보에 거른 후 75°C 온수로 스파징 한 후 홉을 첨가하여 1시간 동안 100°C로 가열하였다. 가열 후 표준체(100 mesh)로 다시 한 번 거른 뒤 멸균증류수로 최종부피를 맞춘

Table 1. Formula for the preparation of *Coix lacryma-jobi* bran extract-beer

Ingredients	Beer samples ¹⁾			
	Control	CL-20	CL-40	CL-60
<i>Coix lacryma-jobi</i> bran ²⁾ extract (mL) ³⁾	-	256	512	768
Water (mL)	1,280	1,024	768	512
Malt (g)	297.6	297.6	297.6	297.6
Spezyme LT300 (μL)	298	298	298	298
Hop (g)	1.1	1.1	1.1	1.1
Sparging water (mL)	320	320	320	320
Yeast (mL)	8	8	8	8

¹⁾ Control; Beer with 0% substitution of water with *Coix lacryma-jobi* bran extract, CL-20; Beer with 20% substitution of water with *Coix lacryma-jobi* bran extract, CL-40; Beer with 40% substitution of water with *Coix lacryma-jobi* bran extract, CL-60; Beer with 60% substitution of water with *Coix lacryma-jobi* bran extract.

²⁾ *Coix lacryma-jobi* bran was dry-heat treated at 210°C for 15 minutes.

³⁾ *Coix lacryma-jobi* bran was extracted with hot-water at 80°C for 18 hour.

후 총량의 0.5%(v/v)에 해당하는 효모액을 접종하고 25°C에서 0~5일 동안 발효 기간을 거친 후 온도를 낮추어 2°C에서 6~20일 동안 저장하며 5일 간격으로 pH, 비중, 가용성고형분, 환원당, 폴리페놀, 플라보노이드, DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능을 측정하였고 알코올 함량, 효모수는 0~5일동안 매일 측정하였으며 이후 5일 간격으로 측정하였다(Yang HM 등 2017). 측정은 3회 반복 실험하였으며, 평균 값±표준편차로 나타내었다.

4. 품질 측정

환원당 측정은 DNS법으로 측정하였다. Test tube에 DNS 용액 2 mL와 증류수 7 mL을 혼합한 후 각각 맥주 1 mL을 혼합하여 증탕으로 100°C에서 10분간 가열하였다(Miller GL 1959). 가열된 시료의 온도를 상온까지 낮추어 UV spectrophotometer(Genesys10UV, Thermo spectronic Co., MA, USA)로 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 test tube에 glucose 99.9%(Sigma-Aldrich Co., Germany)를 증류수로 단계별 희석하여 작성하였다.

가용성고형분은 당도계(SCM-1000, HM Digital., NY, USA)로 측정하여 Brix°로 나타내었다.

비중은 100 mL 메스실린더에 맥주 100 mL를 넣고 비중계(200-DK-6, Deakwang., Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였다.

pH는 pH meter(ST2100, Ohaus., NJ, USA)를 이용하여 측정하였다.

알코올 함량은 증류법(Ha SJ 등 2012)으로 분석하였으며, 증류 후 알코올-온도 보정표에서 15°C로 보정한 알코올 함량을 표준곡선에 대입하여 알코올 함량(% , v/v)을 계산하였다.

5. 효모수 측정

맥주 1 mL와 멸균 생리 식염수 9 mL를 혼합하여 10배 단계희석법으로 희석한 후, 각각의 희석액 1 mL를 배지에 분주하였으며 측정 배지는 PDA 배지(potato dextrose agar; Difco, Franklin Lakes., NJ, USA)를 사용하였고, 25°C 항온기에서 48시간 배양한 후 생성된 집락 수를 계수하여 맥주 1 mL당 CFU(colony forming unit)로 3회 반복실험을 하여 평균값으로 나타내었다.

6. 폴리페놀 및 플라보노이드 측정

추출물 및 맥주의 총 폴리페놀 함량은 추출물 및 맥주 0.15 mL에 증류수 2.4 mL와 0.25 N Folin-Ciocalteu 시약 0.15 mL을 첨가한 후 3분간 반응시켰다(Swain T 등 1959). 그리고 1 N Na₂CO₃ 0.3 mL을 가하여 1시간 동안 암소에서 방치한 후 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 폴리페놀 함량

은 표준 물질로 gallic acid를 사용하여 표준곡선에 대입하여 시료 1 mL당 µg Gallic acid equivalent(GAE)로 표시하였다.

추출물 및 맥주의 총 플라보노이드 함량은 추출물 및 맥주 0.5 mL와 2% aluminium chloride methanolic solution 0.5 mL를 혼합하여 실온에서 15분 동안 반응시킨 후 430 nm에서 흡광도를 측정하였다(Hwang ES & Sohn EM 2020). 시료에 함유된 총 플라보노이드 함량은 표준 물질로 quercetin을 사용하여 표준곡선에 대입하여 시료 1 mL당 µg Quercetin equivalent(QE)로 표시하였다.

7. ABTS 라디칼 및 DPPH 라디칼 소거능 측정

추출물 및 맥주의 ABTS 라디칼 소거능은 ABTS 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 18시간 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 735 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 증류수로 희석하였다(Jeong MS 등 2014). 희석된 ABTS 용액 0.9 mL에 증류수에 10배 희석한 추출물 및 맥주 0.1 mL를 혼합하여 상온에서 30분간 반응시켰다. 이후 735 nm에서 흡광도를 측정하여 라디칼 소거능을 측정하였다.

추출물 및 맥주의 DPPH 라디칼 소거능은 발색법을 이용하여 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH) 라디칼 제거능을 측정하는 방법으로 분석하였다. DPPH 용액(0.2 mM) 1 mL을 증류수에 10배 희석한 추출물 및 맥주 50 µL과 혼합하여 상온에서 30분간 반응시켰다(Lee JH 등 2018). 이후 520 nm에서 흡광도를 측정하여 라디칼 제거능을 측정하였다.

$$\text{Radical scavenging activity (\%)} = (1 - A/B) \times 100$$

A : 시료 첨가구의 흡광도, B : 대조군의 흡광도

8. 통계처리

맥주의 실험결과는 SPSS 22.0(Statistical package for social science, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 평균값과 표준편차를 계산하고, 일원배치 분산분석(One-way ANOVA)을 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 다중범위 검정(Duncan's multiple range test)을 실시하여 시료 간 유의적인 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 울무미강 추출물의 특성

Son MH 등(2019)의 연구에서 울무보다 울무미강이 월등히 높은 항산화능을 보인다고 하였으며 추출 용매는 물과 에탄올 중 물이 월등히 높은 항산화능을 보인다고 하여 울무미강을 80°C에서 열수 추출로 추출물을 제조하였다. 추출

시간별 품질 특성을 측정된 결과는 Table 2와 같다. 폴리페놀은 30분 169.65 µg GAE/mL에서 18시간 동안 추출한 결과 211.96 µg GAE/mL로 증가하였으며 가장 높은 수치를 보였다. 이후 18시간~24시간은 일정하게 유지되는 경향을 보였다. 이는 Son MH 등(2019)의 연구에서 20배의 증류수를 넣어 추출한 울무 추출물의 폴리페놀 함량이 46.60 µg GAE/mL의 결과로 나온 것으로 보아 울무보다 울무미강 추출물의 폴리페놀 함량이 높은 것으로 나타났다.

플라보노이드 또한 30분 7.03 µg QE/mL에서 18시간 9.75 µg QE/mL로 최대치로 증가하였으며 폴리페놀과 동일하게 18시간~24시간은 유지되는 경향을 보였다. ABTS, DPPH 라디칼 소거능은 폴리페놀, 플라보노이드와 동일하게 18시간까지 증가하였으며 18시간에 최고 수치를 나타낸 뒤 유지되었다. 따라서 울무미강 추출물은 폴리페놀, 플라보노이드, ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능 모두 6시간에서 12시간 사이에 가장 크게 증가하였으며 18시간 이상 가열할 경우 비효율적일 것으로 판단되었다.

2. 환원당 및 가용성고형분

CL-맥주의 환원당과 가용성고형분(Table 3)을 측정하였다. 주류 발효에서 당 성분은 발효 초기에 당 함량이 최대치를 보이고, 그 이후 당이 미생물에 의한 알코올 발효 및 유기산 발효의 기질로 사용됨에 따라 감소하는 것으로 알려져 있다(Sung SA & Lee SJ 2017). 환원당을 측정된 결과 0일차에는 울무미강 추출물을 당화용수로 사용하지 않은 대조군(13.31 mg/mL)보다 울무미강 추출물을 당화용수로 사용한 CL-60이 13.57 mg/mL로 환원당 함량이 많았으며 CL-20과 CL-40은 비슷한 수준인 13.25~13.30 mg/mL로 나타났다. 그 이후로는 대조군, CL-20, CL-40, 그리고 CL-60순으로 울무미강 추출물의 첨가량이 증가할수록 증가하였다. 추출물의

환원당 함량은 6.12 mg/mL로 당화용수를 대체하여 첨가하였으므로 첨가할수록 환원당이 증가한 것으로 판단된다. 환원당 함량은 발효 기간(0, 5일)에는 감소하였는데 발효 기간 중 감소하다가 저장 기간(10, 15, 20일)에는 일정 수준으로 유지되는 경향을 보였다. Park JS & Kang ST(2020)의 소나무껍질추출물을 이용한 맥주의 품질 특성 연구에서도 발효 기간 중 감소하였으며 저장 기간에는 유지되는 경향을 보인 것과 같은 경향이였다. 한편 가용성고형분을 측정된 결과 대조군(9.6 °Brix)보다 CL-20, CL-40, 그리고 CL-60이 10.33~10.70 °Brix로 가용성고형분 함량이 많았으며 CL-60이 가장 높게 나타났다. 추출물의 가용성고형분 함량은 2.7 °Brix로서 첨가할수록 가용성고형분의 함량이 증가한 것으로 판단된다. 또한 환원당과 마찬가지로 발효 기간 중 감소하였다.

3. 비중

CL-맥주의 비중을 측정하였다(Table 3). 0일차에는 대조군(1.036)보다 CL-20, CL-40, 그리고 CL-60이 1.038~1.042로 비중이 높았으며 높은 비율로 첨가할수록 비중이 높았다. 이는 추출물의 비중이 1.008로 1.000인 물보다는 높았기 때문에 첨가할수록 증가한 것으로 판단된다. 비중은 발효 기간 중 크게 감소하였고 저장 기간 중에 유지되는 경향을 보였다. 따라서 초기 1.036~1.042의 비중에서 알코올이 생성됨에 따라 비중이 1인 물보다 낮은 에탄올 함량이 늘어나면서 비중이 1.004~1.005로 감소한 것으로 판단된다.

4. pH

CL-맥주의 pH를 측정된 결과 대조군(5.71)보다 CL-20, CL-40, 그리고 CL-60이 5.76~5.77로 pH가 높았으며 울무미강 추출물의 첨가량이 증가할수록 pH가 높았다(Table 3). 울무미강 추출물의 pH는 6.17로 물을 대체하여 첨가하였을 경

Table 2. Componential characteristics of hot-water extract of dry-heated *Coix lacryma-jobi* bran

	Hot-water extraction time (hour)						
	0.5	1	3	6	12	18	24
Polyphenol content (µg GAE/mL)	169.65±3.17 ^{1)e2)}	171.93±0.57 ^c	180.85±1.18 ^d	187.87±2.48 ^c	207.41±1.74 ^b	211.96±2.81 ^a	212.34±0.99 ^a
Flavonoid content (µg QE/mL)	7.03±0.20 ^c	7.34±0.25 ^c	7.31±0.16 ^c	7.21±0.25 ^c	8.60±0.25 ^b	9.75±0.08 ^a	9.68±0.04 ^a
DPPH radical scavenging activity (%)	24.83±1.06 ^c	25.51±2.04 ^{bc}	27.72±0.78 ^{bc}	28.91±0.29 ^{ab}	31.29±1.64 ^a	31.63±3.35 ^a	31.46±2.52 ^a
ABTS radical scavenging activity (%)	19.37±0.13 ^c	19.03±0.08 ^c	21.53±0.04 ^d	25.44±0.30 ^c	33.19±0.17 ^b	34.06±0.28 ^a	34.13±0.29 ^a

¹⁾ Values are mean±S.D. (n=3).

²⁾ Values with different superscripts in a row (a~e) are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 3. Reducing sugar, soluble solid, pH and specific gravity change of CL-beer

	Days ¹⁾	Control ²⁾	CL-20	CL-40	CL-60
Reducing sugar content (mg/mL)	0	13.31±0.10 ^{3) b4)}	13.30±0.03 ^b	13.25±0.05 ^b	13.57±0.06 ^a
	5	5.23±0.07 ^b	5.36±0.14 ^b	5.65±0.15 ^a	5.72±0.12 ^a
	10	6.01±0.06 ^c	6.31±0.03 ^b	6.64±0.17 ^a	6.62±0.08 ^a
	15	5.46±0.15 ^c	5.63±0.03 ^{bc}	5.78±0.10 ^b	6.05±0.02 ^a
	20	6.22±0.03 ^b	6.29±0.03 ^b	6.39±0.07 ^a	6.47±0.04 ^a
Soluble solid content (°Brix)	0	9.60±0.00 ^d	10.33±0.06 ^c	10.40±0.00 ^b	10.70±0.00 ^a
	5	4.80±0.00 ^d	5.10±0.00 ^c	5.20±0.00 ^b	5.30±0.00 ^a
	10	4.70±0.00 ^d	5.00±0.00 ^a	5.03±0.06 ^a	5.07±0.06 ^a
	15	4.73±0.12 ^c	5.03±0.06 ^b	5.13±0.06 ^{ab}	5.20±0.00 ^a
	20	4.80±0.00 ^d	5.20±0.00 ^b	5.03±0.06 ^c	5.30±0.00 ^a
pH	0	5.71±0.02 ^b	5.76±0.02 ^a	5.77±0.01 ^a	5.77±0.01 ^a
	5	4.14±0.02 ^d	4.17±0.01 ^c	4.24±0.00 ^b	4.31±0.00 ^a
	10	4.15±0.00 ^c	4.15±0.01 ^c	4.22±0.01 ^b	4.27±0.01 ^a
	15	4.18±0.01 ^d	4.21±0.02 ^c	4.31±0.01 ^b	4.34±0.01 ^a
	20	4.21±0.00 ^c	4.22±0.01 ^c	4.29±0.01 ^b	4.33±0.01 ^a
Specific gravity	0	1.036±0.001 ^d	1.038±0.001 ^c	1.040±0.000 ^b	1.042±0.001 ^a
	5	1.002±0.001 ^b	1.004±0.001 ^a	1.004±0.001 ^a	1.004±0.000 ^a
	10	1.003±0.000 ^a	1.003±0.000 ^a	1.003±0.000 ^a	1.003±0.000 ^a
	15	1.004±0.000 ^b	1.004±0.001 ^b	1.005±0.001 ^a	1.006±0.000 ^a
	20	1.004±0.000 ^b	1.004±0.001 ^{ab}	1.004±0.001 ^{ab}	1.005±0.000 ^a

¹⁾ Fermentation was carried out at 25°C for 0 to 5 days and stored at 2°C for 6 to 20 days.

²⁾ Refer Table 1 for the sample names.

³⁾ Values are mean±S.D. (n=3).

⁴⁾ Values with different superscripts in a row (^{a-d}) are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

우 pH의 상승에 영향을 주어 CL-60이 가장 높은 pH를 보인 것으로 판단된다. Cheong C 등(2015)은 맥주 발효 전 당화액의 pH가 6.0 이상일 경우는 발효가 느려지고 불완전한 발효에 따라 고미 성분 및 단백질 제거가 저하되어 맥주 품질에 부정적으로 작용하고, amylase 효소의 최적 pH가 5.6~5.8로 보고하였다. 따라서 울무미강 추출물-당화액의 pH는 5.71~5.77로 맥주의 발효에 적합한 pH임을 확인하였다. 발효 초기의 pH는 감소하였는데 이는 발효 중 구연산, 호박산, 젖산과 초산 등의 생성(Lee SH & Cheong C 2018)과 효모의 아미노산 흡수와 유기산 배설이 주원인이고 부요인은 인산과 탄산의 생성 때문으로 판단된다(Coote N & Kirsop BH 1976). 또한 발효 기간인 0일차에서 5일차에 pH가 감소하고 다시 pH가 증가하는 원인은 효모로부터 생성된 탄산이 맥주 내로

용해되는 용해도가 감소하여 나타나는 결과로 판단된다(Rou HS 등 2019). 현재 시판 상면 발효 맥주의 관능 및 이화학특성 분석 연구(Sung SA & Lee SJ 2017)에 따르면 시판 상면 발효 맥주의 pH가 3.71~4.78 정도로 나타났다고 보고하였으며 본 연구의 20일차 결과도 4.21~4.33으로 나타나 적합한 수치임을 알 수 있었다. 전통누룩을 이용한 에일 맥주(ale beer) 제조 및 품질 특성 연구(Jung SJ & Chung CH 2017)에서도 초기 pH 5.7에서 발효 초기 pH 4.1로 감소한 후 4.2~4.4로 증가하는 경향을 나타내어 본 연구와 유사한 경향을 나타내었다.

5. 알코올 함량

CL-맥주의 알코올 함량을 측정하였다(Fig. 1). 맥주 발효

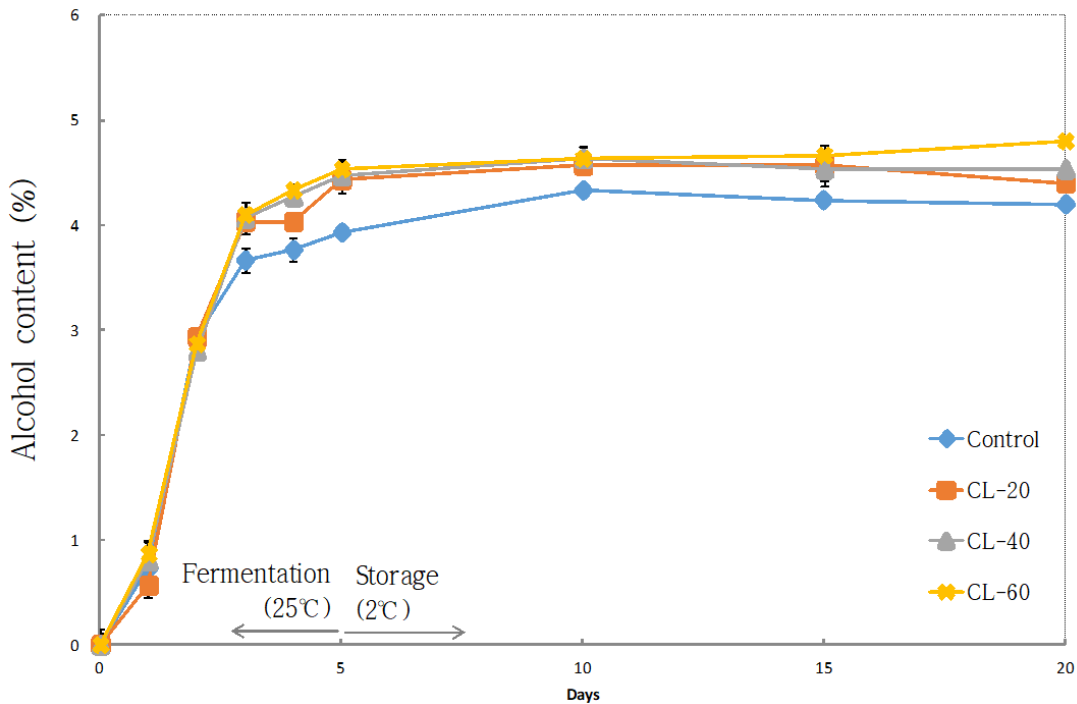


Fig. 1. Alcohol content change of CL-beer during fermentation and storage.

Fermentation was carried out at 25°C for 0 to 5 days and stored at 2°C for 6 to 20 days.

Refer Table 1 for the sample names.

에서는 효모의 물질대사에 의해 알코올과 이산화탄소 및 발효 부산물들이 생성되어 맥주 품질에 영향을 주게 된다 (Cheong C 등 2015). 알코올 함량을 측정된 결과 20일차에 대조군(4.20%)보다 CL-20, CL-40, 그리고 CL-60이 4.40~4.80%로 알코올 함량이 높았으며 높은 비율로 첨가할수록 알코올 함량이 높았다(Fig. 1). 알코올 함량은 발효 기간 1일차~2일차에 가장 크게 증가하였고 이후 저장 기간에는 크게 증가하지 않고 유지되는 경향을 보였다. 알코올은 효모가 당을 대사하며 생기는 부산물이기 때문에 당 함량이 알코올 생성에 큰 영향을 미치며 당 함량이 가장 높았던 CL-60이 가장 높은 알코올 함량을 보였다고 판단된다. 위 결과로부터 울무미강 추출물을 당화용수로 사용한 맥주가 기능성 특성뿐만 아니라 알코올 함량이 높은 맥주의 제조에도 도움이 될 것으로 사료된다.

6. 효모수

CL-맥주의 효모수를 측정하였다(Fig. 2). 0일차 효모수는 5.06~5.20 log CFU/mL이었으며, 발효 기간 중에 효모수가 최대치로 증가하였으며 5일차에 8.03~8.12 log CFU/mL 수준에 도달하여 이 후 저장 기간 중에 점차 감소하였다. 울무미강 추출물의 첨가량이 많을수록 효모수가 많았으나 발효 기간의 마지막 날인 5일차에는 유의적인 차이를 보이지 않

았으며, 저장 기간 중의 감소는 대조군이 대체군보다 더 빠르게 감소하였다. Jung SJ & Chung CH(2017)의 전통누룩을 이용한 에일 맥주(ale beer) 제조 및 품질 특성 연구에서 시간이 지남에 따라 용존 산소량과 탄소원이 감소되어 효모가 감소하였다고 보고하였으며 본 연구와 경향이 비슷하였다.

7. 폴리페놀 및 플라보노이드

CL-맥주의 폴리페놀과 플라보노이드를 측정하였다(Table 4). 폴리페놀 함량을 측정된 결과 0일차에 대조군(229.03 µg GAE/mL)보다 CL-20, CL-40, 그리고 CL-60이 254.45~286.51 µg GAE/mL로 폴리페놀 함량이 높았으며 20일차에서도 대조군(198.68 µg GAE/mL)보다 CL-20, CL-40, 그리고 CL-60이 213.67~254.64 µg GAE/mL로 폴리페놀 함량이 높았다. 울무미강 추출물의 폴리페놀 함량을 측정된 결과 295.43 µg GAE/mL로 이에 따라 울무미강 추출물의 첨가량이 높은 맥주가 폴리페놀 함량이 높게 나타났다. 한편 폴리페놀 함량은 초기 229.03~286.51 µg GAE/mL에서 저장 종료 후 198.49~256.92 µg GAE/mL로 발효와 저장 기간 중 감소하였다. Park JS & Kang ST(2020)의 소나무껍질추출물을 이용한 맥주의 품질 특성 연구에서도 저장과 발효 기간에 폴리페놀 함량이 감소하였다고 보고하여 본 연구의 경향과 유사하였다. Cheong C 등(2015)은 폴리페놀의 항산화 작용으

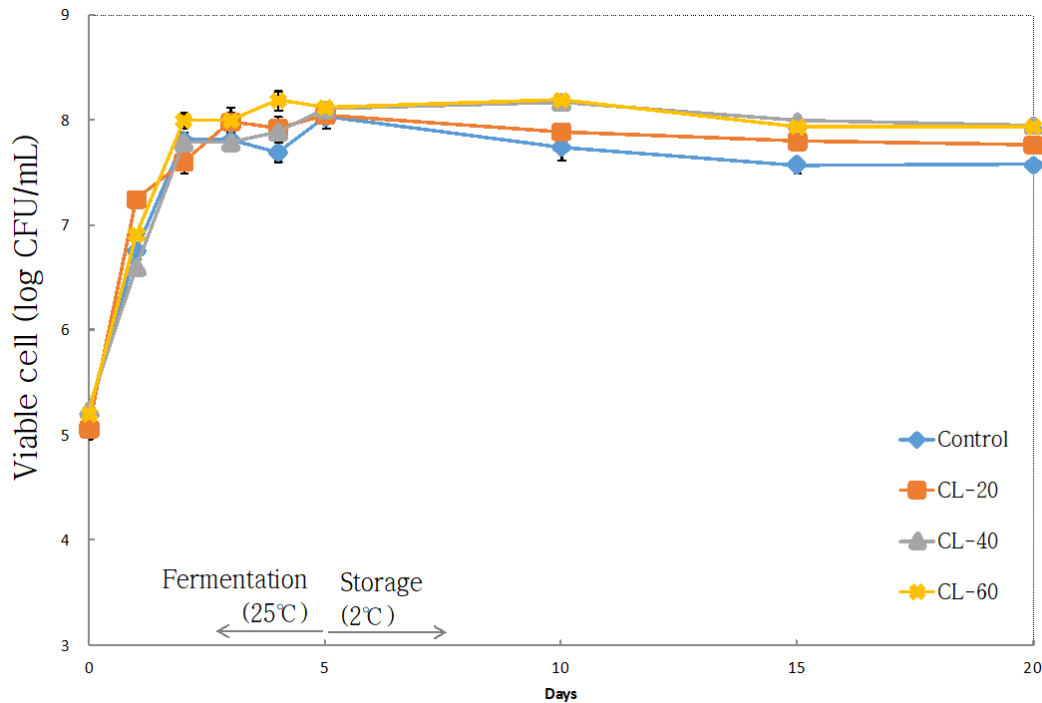


Fig. 2. Change in number of yeast colony of CL-beer during fermentation and storage.

Fermentation was carried out at 25°C for 0 to 5 days and stored at 2°C for 6 to 20 days.

Refer Table 1 for the sample names.

로 인해 맥주 향 안정성에 긍정적인 영향을 미치며 바디감과 고미에도 영향을 미친다고 보고하였다. 한편 Yom HC(2008)의 녹차 추출물을 첨가한 polyphenol 강화 맥주의 발효 특성 연구에 따르면 에일 맥주(ale beer)가 라거 맥주(lager beer)에 비해 발효온도가 높고 발효기간이 비교적 짧기 때문에 폴리페놀의 용해도를 높일 수 있으며 yeast가 주는 풍부한 향과 맛에 의해 다양한 폴리페놀과 조화를 이룰 수 있을 것으로 생각된다고 보고하였다. 0일차의 플라보노이드 함량은 대조군(13.38 μg QE/mL)보다 CL-20, CL-40, 그리고 CL-60이 14.25~21.00 μg QU/mL로 플라보노이드 함량이 높았으며 20일차에서도 대조군(8.65 μg QE/mL)보다 CL-20, CL-40, 그리고 CL-60이 12.62~14.37 μg QE/mL로 플라보노이드 함량이 높았다. 울무미강 추출물의 플라보노이드 함량을 측정된 결과 7.01 μg QE/mL로 이에 따라 울무미강 추출물의 첨가량이 높은 맥주가 플라보노이드 함량이 높게 나타났다. 플라보노이드 함량도 폴리페놀과 마찬가지로 초기 13.38~21.00 μg QE/mL에서 저장 종료 후 8.65~14.37 μg QE/mL로 발효와 저장 기간 중 감소하였다.

8. ABTS 라디칼 소거능 및 DPPH 라디칼 소거능

CL-맥주의 ABTS 라디칼 소거능과 DPPH 라디칼 소거능을 측정하였다(Table 4). ABTS, DPPH 라디칼 소거능은 0-20

일차에 걸쳐 감소하였으며 대조군보다 CL-20, CL-40, 그리고 CL-60이 높았으며 울무미강 추출물의 첨가량이 증가할수록 높은 수치를 보였다. 이 결과는 폴리페놀과 플라보노이드 함량의 결과와 경향이 비슷하였으며, 울무겨의 총 페놀함량, 항산화능(DPPH, ABTS 라디칼 소거능) 활성 간에 상관관계가 높다고 보고한 Son MH 등(2019)의 결과와 비교하였을 때 폴리페놀, 항산화능(DPPH, ABTS 라디칼 소거능) 활성 모두 CL-60이 가장 높은 결과로 나타나 유사한 경향을 보였다.

요 약

건열 가열한 울무미강을 80°C에서 열수 추출로 추출 시간 별 품질 특성을 측정하여 폴리페놀, 플라보노이드 함량이 가장 높은 추출물(CLBE)을 제조하였고, 제조된 울무미강 추출물로 당화 용수의 20%, 40%, 60%(v/v)를 대체하여 에일(ale) 타입의 맥주(CL-beer)를 제조하고 발효와 저장 중의 품질 특성을 조사하였다. 맥주의 환원당과 가용성고형분, 비중, 그리고 알코올 함량은 울무미강 추출물의 첨가량이 증가할수록 높게 나타났고 CL-60이 가장 높은 값을 보여주었다. 폴리페놀 및 플라보노이드 함량, ABTS, 그리고 DPPH 라디칼 소거능은 대조군에 비하여 CL-20, CL-40, 그리고 CL-60이 높은 함량을 나타내었고 울무미강 추출물의 첨가

Table 4. The polyphenol and flavonoid contents, and ABTS and DPPH radical scavenging activities of CL-beer

	Days ¹⁾	Control ²⁾	CL-20	CL-40	CL-60
Polyphenol content (ug GAE/mL)	0	229.03±2.37 ³⁾⁴⁾	254.45±0.57 ^c	270.20±2.57 ^b	286.51±0.87 ^a
	5	198.49±1.19 ^d	219.74±5.94 ^c	237.57±1.65 ^b	256.92±3.43 ^a
	10	208.54±5.59 ^d	230.17±2.16 ^c	242.88±4.42 ^b	267.16±1.18 ^a
	15	192.80±0.87 ^d	206.84±2.57 ^c	224.29±0.57 ^b	244.97±0.66 ^a
	20	198.68±2.48 ^d	213.67±4.27 ^c	227.51±1.31 ^b	254.64±5.70 ^a
Flavonoid content (ug QE/mL)	0	13.38±0.17 ^c	14.25±0.42 ^c	17.32±2.70 ^b	21.00±0.07 ^a
	5	7.32±0.20 ^d	14.37±0.40 ^c	15.85±0.09 ^b	19.14±0.44 ^a
	10	9.18±0.40 ^c	14.51±0.36 ^b	16.65±0.35 ^a	17.16±0.35 ^a
	15	8.02±0.32 ^d	11.78±0.71 ^c	12.69±0.33 ^b	14.65±0.04 ^a
	20	8.65±0.08 ^c	12.62±0.47 ^b	13.16±0.19 ^b	14.37±0.28 ^a
ABTS radical scavenging activity (%)	0	19.13±0.04 ^d	21.87±0.09 ^c	25.76±0.23 ^b	28.53±0.37 ^a
	5	15.19±0.05 ^d	17.51±0.13 ^c	20.01±0.23 ^b	22.23±0.09 ^a
	10	14.90±0.04 ^d	16.19±0.15 ^c	17.70±0.19 ^b	20.77±0.09 ^a
	15	14.49±0.04 ^d	16.31±0.05 ^c	18.36±0.08 ^b	20.38±0.00 ^a
	20	14.61±0.19 ^d	16.14±0.05 ^c	18.21±0.12 ^b	19.20±0.04 ^a
DPPH radical scavenging activity (%)	0	13.99±2.25 ^b	14.47±1.53 ^b	18.60±0.99 ^a	21.14±0.28 ^a
	5	10.08±3.36 ^b	14.96±1.46 ^a	14.62±0.77 ^a	15.46±1.77 ^a
	10	7.62±1.35 ^b	10.16±0.90 ^b	13.87±0.59 ^a	16.80±2.69 ^a
	15	6.67±4.60 ^b	10.99±3.30 ^{ab}	11.71±2.98 ^{ab}	14.23±3.52 ^a
	20	6.04±3.33 ^a	8.38±4.43 ^a	9.55±4.90 ^a	10.14±1.79 ^a

¹⁾ Fermentation was carried out at 25°C for 0 to 5 days and stored at 2°C for 6 to 20 days.

²⁾ Refer Table 1 for the sample names.

³⁾ Values are mean±S.D. (n=3).

⁴⁾ Values with different superscripts in a row (^{a-d}) are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

량이 증가할수록 증가하였으며 발효와 저장 기간 중 감소하였다. 이들의 결과로부터 울무미강을 이용한 맥주의 제조는 맥주의 알코올 함량 증가와 항산화 기능 향상에 도움을 줄 수 있음을 확인하였다.

REFERENCES

- Bamforth CW (2009) Beer and Health. Beer pp 29-253.
- Cheong C, Park CS, Yeo SH, Jo HC, No BS (2015) Brewing Science. Kwangmoonkag, Korea. pp 3, 58, 126, 150, 209.
- Coote N, Kirsop BH (1976) Factors responsible for the decrease in pH during beer fermentation. J Inst Brew 82(3): 149-153.
- Gémes T, Janszky I, Ahnve S, László KD, Laugsand LE, Vatten LJ, Mukamal KJ (2016) Light-to-moderate drinking and incident heart failure -The Norwegian HUNT study. Int J Cardiol 203: 553-560.
- Ha SJ, Yang SK, In YW, Kim YJ, Oh SW (2012) Changes in microbial and physicochemical properties of single-brewed *makgeolli* by high hydrostatic pressure treatment during fermentation. J Korean Soc Food Sci Nutr 41(8): 1176-1181.
- Hasegawa H, Chung NY, Shin MH (2021) Quality evaluation of *yanggaeng* added with Job's tear powder. FoodServ Ind J 17(1): 181-191.
- Hwang ES, Sohn EM (2020) Quality characteristics and

- antioxidant activity of *sikhye* made with different amount of aronia juice. J Korean Soc Food Sci Nutr 49(9): 946-952.
- Hwangbo MH (2022) Quality characteristics and antioxidants of pain de campanyu bread with wheat bran added. Culi Sci & Hos Res 28(3): 155-163.
- Jang KH, Kwak EJ, Kang WW (2010) Effect of rice bran powder on the quality characteristics of cookie. Korean J Food Preserv 17(5): 631-636.
- Jeong MS, Ko JY, Song SB, Lee JS, Jung TW, Yoon YH, Oh IS, Woo KS (2014) Physicochemical characteristics of *sikhye* (Korean traditional rice beverage) using foxtail millet, proso millet, and sorghum. J Korean Soc Food Sci Nutr 43(11): 1785-1790.
- Jung SJ, Chung CH (2017) Production and properties of ale beer with *Nuruk*, a Korean fermentation starter. Korean J Food Sci Technol 49(2): 132-140.
- Lee JH, Lee BK, Lee BW, Kim HJ, Park JY, Han SI, Lee YY (2018) Evaluation of bioactive compounds and antioxidant activity of roasted oats in different extraction solvents. Korean J Food Sci Technol 50(1): 111-116.
- Lee SH, Cheong C (2018) Brewing characteristics and condition setting of beer using rice flour. Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society 19(9): 206-214.
- Miller GL (1959) Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Anal Chem 31(3): 426-428.
- Park JH, Han CK, Choi SH, Lee BH, Lee HJ, Kim SS (2011) Development of odor-reduced Korean traditional *cheonggukjang* added with Job's tears. J Korean Soc Food Sci Nutr 40(2): 259-266.
- Park JS, Kang ST (2020) Quality characteristics of beer with pine bark extract. Food Eng 24(1): 38-44.
- Penkina N, Tatar L, Kolesnyk V, Karbivnycha T, Letuta T (2017) The study of beer quality with the reduced toxic effect. J EUREKA: Life Sciences 1: 35-43.
- Penkina N, Tatar L, Zaychenko G, Lytkin D (2015) Research of the toxicological and pharmacological effects of new blends on the body of biological objects. J Ukrainian Food 4(4): 577-586.
- Rou HS, Park JS, Oh JS, Kang ST (2019) Quality characteristics of low malt beer made with moisturized and heat treated purple corn. J Korean Soc Food Sci Nutr 48(8): 887-895.
- Shin SY, Suh SH, Cho WD, Lee HK, Hwang HJ (2003) Analysis of volatile components in Korean rice wine by the addition of *yulmoo*. Prev Nutr Food Sci 32(8): 1206-1213.
- Sohrabnandi S, Mortazavian AM, Rezaei K (2012) Health-related aspects of beer: A review. Int J Food Prop 15(2): 350-373.
- Sohrabvandi S, Muosavi SM, Razavi SH, Mortazavian AM (2010) Viability of probiotics bacteria in low- and non-alcoholic beer during refrigerated storage. Philipp Agric Sci 93(1): 24-28.
- Son MH (2021) Hysiological activities of kernel and bran extracts from Job's tears (*Coix lachryma-jobi* var. *ma-yuen*). Ph D Dissertation Kyungnam University, Changwon. pp 20-22.
- Son MH, Lee DU, Lee SC (2019) Antioxidant activities of *Coix lachryma-jobi* var. *ma-yuen* kernel and bran extracts and their effects on alcohol metabolizing enzyme activities. J Korean Soc Food Sci Nutr 48(8): 833-838.
- Sung SA, Lee SJ (2017) Physicochemical and sensory characteristics of commercial top-fermented beers. Korean J Food Sci Technol 49(1): 35-43.
- Swain T, Hillis WE, Ortega M (1959) Phenolic constituents of *Ptunus domestica*. I. Quantitative analysis of quantitative analysis of phenolic constituents. J Sci Food Agric 10(1): 83-88.
- Tsukamoto S, Fukushima M, Nagashima T, Hashimoto N, Saito K, Noda T (2009) Production and properties of low-malt beer using extremely fine potato starch. J Appl Glycosci 56(4): 281-286.
- Yang HM, Oh EB, Park JS, Jung MY, Choi DS (2017) Brewing and properties of low-malt beer with a sweet potato paste. Korean J Food Nutr 30(3): 491-500.
- Yom HC (2008) The effect of green tea extracts on the fermentation properties of polyphenol-enriched beer. Fam Environ Res 46(3): 49-55.