2조 겉보리로 만든 몰트의 품질 특성 및 항산화 활성 효과

김민형¹ · 이권재² · 안정희¹

¹케이씨대학교 식품영양학과

²대전대학교 H-LAC학과

Quality Characteristics and Antioxidant Activity of Malt Made with Two-Row Barley

Min Hyeong Kim¹, Kwon-Jai Lee², and Jeung Hee An¹

¹Department of Food Science and Nutrition, KC University

²Department of H-LAC, Daejeon University

ABSTRACT This study was carried out to investigate the quality characteristics and antioxidant activities of domestic and foreign malts. The protein content of Hopum and Gwangmaeg barley was 13.83% and 10.57%, respectively. Also, the protein content of the Hopum and Gwangmaeg malts showed a higher increase at 14.95% and 11.65%, respectively, compared to barley, Denmark malt (9.78%), and German malt (11.8%). The Kolbach index of the Hopum and the Gwangmaeg malts was 17.18% and 16.39%. Diastatic power of the Hopum malt was observed at 163.39 W.K and Gwangmaeg malt at 157.79 W.K, which was higher than the malts from Denmark and Germany. The Gwangmaeg malt had a total flavonoid content of 148.88 mg CHE/g which was higher than other malts. The DPPH radical scavenging activity of the Hopum malt showed high activity at 500 µg/mL concentration. The ABTS radical scavenging activity observed in the Hopum malt was higher (81.19%) compared to the Gwangmaeg malt (72.97%), and malt from Denmark (81.17%) at 1,000 µg/mL concentration. The extracts of the Hopum malt had the highest ABTS activity (81.19%) among the tested groups. The ABTS and DPPH scavenging ability and reducing power increased significantly with increasing malt concentration ($P<0.05$). These results suggest that domestic malts can be used effectively as functional foods with antioxidant activity or free radical scavenging activity.

Key words: two-row barley, malt, quality characteristics, total polyphenol, antioxidant activity

서론

보리는 작물학적으로 보리알이 배열된 수에 따라 2조 종과 6조 종으로 나누어지며 껍질이 종실에 붙어 분리되지 않는 겉보리, 껍질이 종실에서부터 잘 분리되는 쌀보리로 나누어진다(Kim과 Kang, 2002). 우리나라는 순계분리법을 이용해 향맥이라는 2조 종인 품종의 개발을 시작으로 이맥, 백호 등 여러 품종을 육성시키고 있지만, 원맥의 품질뿐만이 아닌 맥주의 주원료인 몰트의 품질 또한 중요시하기에 쌀보리의 품종 개수에 비해 개발된 겉보리의 품종이 적다(Kim 등, 2011b). 그중에서 2조 겉보리인 호품보리는 국내에서 양조용으로 재배가 가장 많은 품종이며 수량성과 보리위축병의 저항성에서 우수하고(Hyun 등, 2006) 직파적응성과

내도복성이 높은 품종이다(Ko 등, 2008). 호품과 같이 2조 겉보리인 광맥보리 또한 고품질 맥주보리로 내한성, 내도복성과 보리호위축병의 저항성이 우수하다고 보고되었다(Park 등, 2010; Cho 등, 2015). 보리의 일반성분 함량은 탄수화물 78~83%, 단백질 10~12%, 지방 2~3%, 무기질 2%, 기타 5~6%라고 알려져 있다(Kim과 Kang, 2002). 보리의 β-glucan 성분은 혈중콜레스테롤(Sack 등, 1975)과 혈당지수(Qureshi 등, 1982)를 감소시키며, 혈중 low density lipoprotein(LDL) 농도를 감소시키는 효과를 가지고 있다(Qureshi 등, 1986). 보리의 생리적 기능으로 암세포 성장 억제작용, 소화 흡수 지연으로 인한 당뇨와 비만 환자에게 바람직한 기대효과와 pectin, gum, mixed linked (1-3), (1-4)-β-glucan 등에 의한 혈장 내의 콜레스테롤 저하작용을 가진다. 보리의 비타민 B2, 비타민 B12 등은 체내 임파 조직을 강화하여 암세포의 증식 억제작용을 갖는다고 보고하였다(Qureshi 등, 1991). 특히 청보리에는 chlorophyll이 많은 뿐만 아니라 항산화 활성을 갖고 있다고 보고되었다(Kim과 Kim, 2015). 이에 따라 보리를 이용한 국수(Lee와 Jung, 2003), 빵(Choi와 Lee, 2011), 요구르트(Lee 등, 2013) 등

가공제품의 개발연구가 이루어지고 있다.

몰트는 맥주보리를 종목체로 정선하여 automatic micro malting system을 이용해 침맥(steeeping), 발아(germination) 그리고 배조(kilning) 공정을 거쳐 제조된다. 침맥 공정은 16°C에서 42.5시간 동안 보리를 물에 넣는 수침과 물을 빼는 건침의 과정을 3회 반복하고, 발아는 침맥 후 16°C에서 120시간 진행하여 45~80°C의 범위에서 18시간 동안 건조하는 배조과정을 거쳐 제조된다고 보고되었다(Kim 등, 2012). 몰트 제조과정 중 성분들의 가용화가 불량하게 되어 용해도가 낮아지고, β -glucan 함량과 점도가 증가하게 되면 맥주가 혼탁해지며 여과에 문제가 생겨 맥주의 안정성을 저하시킨다고 알려져 있다(Burger와 Schroeder, 1976). 몰트의 주요 품질 특성으로는 추출물 함량, 단백질 함량, α -amylase의 활성도 및 당화력 등이 있다(Lee, 1989). 몰트에 관한 연구는 고단백질의 맥주보리가 몰트 품질에 미치는 영향(Kim과 Kang, 2002), 몰트 제조 시 적색 광조사에 의한 α -amylase의 활성변화(Kim 등, 1985), 오존 및 광선처리가 몰트의 효소 활성에 미치는 영향(Kim 등, 1999) 등이 보고되어 있다. 그러나 국내에서는 몰트의 기능적 특성에 대한 연구가 미비하며 특히 향산화 반응에 관한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 국내산 2조 보리의 품질 특성을 분석하였고, 이를 이용한 국내산 몰트와 외국산 몰트의 품질 특성 및 향산화 활성을 비교하여 평가하였다. 본 연구를 통해 국내산 몰트의 이용증대와 기능성 원료의 가능성을 제시하고자 한다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에서 원맥은 호품(Jeju, Korea)과 광맥(Gunsan, Korea)을 구매하여 사용하였다. 또한, 호품과 광맥보리를 2.8 mm 이상의 종목체로 정선하여 특수 제작한 제맥기(Bank Creek Brewing, Jecheon, Korea)를 이용하여 몰트를 제조하였다. 제맥 과정으로는 담금, 발아, 건조로 분류되어 있다. 담금 탱크(Bank Creek Brewing)의 내부 온도는 15°C, 물 온도는 15°C로 설정하여 수침(12시간)과 건침(8시간)을 3번 반복하여 총 52시간 동안의 담금 과정을 진행하여 최종 수분함량을 40~45%로 유지하였다. 발아 탱크(Bank Creek Brewing)의 내부 온도는 18°C를 유지한 후 2.5 rpm 속도로 천천히 교반하여 36시간 동안 발아를 시킨다. 배조 탱크(Bank Creek Brewing)의 온도는 30°C에서 12시간, 40°C에서 8시간, 60°C에서 8시간, 80°C에서 4시간을 진행하여 최종 수분함량은 4~5%를 유지한다. 그 후 배조 탱크의 온도를 15°C 미만으로 설정하고 7일간 유지하여 몰트를 제조하였다. 실험대조군인 Pilsner malt(Denmark)와 Crystal malt(Germany)는 벅크크릭브루잉(Jecheon, Korea)에서 제공받아 사용하였다.

추출물 제조

실험에서 사용된 추출물은 건조된 몰트의 분말 30 g을 10배수(v/w)인 에탄올 300 mL와 혼합하여 24시간 동안 100 rpm으로 진탕한 뒤 여과지(Whatman No. 2, Whatman plc., Kent, UK)를 이용하여 여과를 하였다. 여과된 추출물은 회전진공농축기(R-114, BUCHI Co., Flawil, Switzerland)를 사용하여 농축시킨 뒤 감압농축기로 남아있는 추출물을 건조시켜 추출물을 제조하였다.

일반성분 측정

일반성분은 식품공전(MFDS, 2019)의 방법을 이용하여 측정하였다. 원맥과 몰트의 수분함량은 적외선 수분계(FD-660, Kett Electric Laboratory, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 원맥과 몰트의 조단백 함량은 시료분말 1 g을 단백질 분해장치(Foss Tecator Digestor auto, FOSS, Eden Prairie, MN, USA)와 자동질소정량분석기(Vapodest 50s, Gerhardt, Germany)를 이용하여 가용성 질소 함량(%)에 보리의 질소계수(Kjeldahl 계수)인 5.83을 곱해주어 계산하였다. 원맥의 조지방 함량은 산 분해법을 이용하여 측정하였다. 원맥의 조회분 함량은 도가니의 함량을 구한 후 전기회화로(DAESAN Trading, Incheon, Korea)를 이용하여 시료분말 1 g을 550°C에서 직접회화법으로 측정하였다. 원맥의 탄수화물의 함량은 시료를 100%로 하여 수분, 조단백, 조지방, 조회분 함량(%)의 값을 감하여 계산하였다.

발아세 측정

제맥 방법의 담금 과정을 간소화시킨 방법을 이용하여 원맥 100립을 cell dish에 담아 약 36시간 동안 수침(12°C)과 건침(14°C)을 반복한 후 물을 넣어 4일간 18~20°C에서 발아를 하였다. 원맥 100립에서 발아된 원맥의 개수를 세어 백분율로 측정하였다.

곡피율 측정

원맥의 곡피율 측정은 Whitmore(1960)의 방법과 Oh 등(2003)의 방법을 이용하여 측정하였다. 비커에 10% NaClO (JUNSEI Chemical Co., Ltd., Tokyo, Japan) 20 mL와 NaOH(DAEJUNG Chemicals & Metals Co., Ltd., Siheung, Korea) 2.5 g을 넣은 후 증류수로 나머지 100 mL를 맞춰 원맥 30립을 넣어 3분간 천천히 가열시켰다. 그 후 떠있는 껍질을 제거하고 남은 원맥을 건져 증류수로 씻은 뒤 실온에 24시간 동안 건조시켜 원맥의 중량을 측정하였다. 실험 중 껍질이 벗겨지지 않은 원맥은 핀셋으로 벗겨내 측정하였다.

효소역가 측정

몰트의 효소역가 측정은 Oh 등(2003)의 방법을 이용하여 측정하였다. 시료분말 1 g을 증류수 25 mL에 넣은 뒤 40°C에서 반응시켜 추출한 후 여과하여 얻은 추출액을 Spectrometer(UV-2101(PC), Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 이

용해 460 nm에서 흡광도를 측정하고 다음 식을 이용하여 양조의 효소역가 단위인 Windisch-Kolbach(W-K)로 나타내었다.

$$\begin{aligned} \text{효소역가(as-is), W-K} &= (569.6903775 \times \text{흡광계수}) + \\ &44.06273324 \\ \text{효소역가(d-b), W-K} &= \text{as-is} \times 100 / (100 - \text{수분함량}) \end{aligned}$$

몰트 수율

원맥에서 만들어지는 몰트의 중량을 구하여 다음 식에 이용하여 백분율로 나타내었다.

$$\text{몰트 수율(\%)} = (\text{몰트중량} / \text{원맥중량}) \times 100$$

가용성 고형분 측정

몰트의 가용성 고형분 측정은 시료분말 4 g을 증류수 40 mL에 5분간 진탕하여 굴절당도계(RHB-800A, Lumen Optical Instrument Co., Ltd., Fuzhou, China)로 총 3회 측정한 후 평균값으로 나타내었다.

콜박지수 측정

몰트의 가용성 질소의 함량은 Kjeldahl 분해법을 이용하여 측정하였고 전질소 함량은 조단백 함량과 같으며, 몰트의 가용성 질소와 전질소의 함량을 이용하여 콜박지수를 계산하였다.

$$\text{콜박지수(\%)} = \{\text{가용성 질소(\%)} / \text{전질소(\%)}\} \times 100$$

pH 측정

몰트의 pH 측정은 pH meter(HI 8424, HANNA Instruments, Cluj-Napoca, Romania)를 사용하여 시료분말 4 g을 증류수 40 mL에 5분간 진탕하여 측정하였다.

색도 측정

몰트의 색도 측정은 Chroma meter(CR-400, Konica Minolta, Osaka, Japan)를 사용하여 L값(lightness), a값(redness), b값(yellowness)으로 나타내었다.

총당 함량 측정

몰트의 총당 함량은 phenol-sulfuric acid법(DuBois 등, 1956)으로 측정하였다. 시료분말 1 g을 증류수 100 mL에 넣어 24시간 동안 진탕하여 200 μ L를 취해 5% phenol reagent(JUNSEI Chemical Co.) 200 μ L와 95% sulfuric acid(SAMCHUN Co., Ltd., Seoul, Korea) 1 mL를 넣어 20분간 암실에서 반응시켜 Spectrometer(Shimadzu Co.)를 이용해 490 nm에서 측정하였다. Glucose(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 표준물질로 계산하였다.

총 폴리페놀 함량 측정

총 폴리페놀의 함량은 Folin-Denis(Singleton과 Rossi, 1965)의 방법을 변형하여 측정하였다. 여러 농도로 희석한

추출물 25 μ L와 2 N Folin-Ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich Co.) 50 μ L와 증류수 500 μ L를 넣은 후 3분간 반응시킨 뒤, 20% Na_2CO_3 (DAEJUNG Chemicals & Metals Co., Ltd.) 500 μ L를 넣어 암실에서 60분간 반응시켜 Spectrometer(Shimadzu Co.)를 이용해 765 nm에서 측정하였다. Gallic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 표준물질로 계산하였다.

총 탄닌 함량 측정

총 탄닌의 함량은 Duval 등(1999)의 방법을 이용하여 측정하였다. 여러 농도로 희석한 추출물 1 mL, 95% 에탄올 1 mL, 증류수 1 mL를 넣어 1 N Folin-Ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich Co.) 500 μ L를 넣고 5% Na_2CO_3 (DAEJUNG) 1 mL를 넣고 섞은 뒤 암실에서 60분간 반응시켜 Spectrometer(Shimadzu Co.)를 이용해 725 nm에서 측정하였다. Tannic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 표준물질로 계산하였다.

총 플라보노이드 함량 측정

총 플라보노이드의 함량은 Zhishen 등(1999)의 방법을 이용하여 측정하였다. 여러 농도로 희석한 추출물 100 μ L를 에탄올 400 μ L와 5% NaNO_3 (DAEJUNG) 30 μ L에 넣어 5분간 방치하고 10% $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (DAEJUNG) 30 μ L를 넣어 6분간 반응시켰다. 그 후 1 M NaOH(DAEJUNG) 200 μ L와 에탄올 240 μ L를 넣어 11분간 반응 후 Spectrometer(Shimadzu Co.)를 이용해 510 nm에서 측정하였다. (+)-catechin hydrate(Sigma-Aldrich Co.)를 표준물질로 계산하였다.

라디칼 소거능 측정

DPPH 라디칼 소거능은 Blois(1958)의 연구 방법을 변형하여 측정하였다. 여러 농도로 희석한 추출물에 0.2 mM DPPH solution(Sigma-Aldrich Co.)을 넣어 30분간 반응시킨 후 Spectrometer(Shimadzu Co.)를 이용해 517 nm에서 측정하였다. 추출물 첨가군과 대조군(ascorbic acid)을 비교하여 백분율로 나타내어 계산하였다. ABTS 라디칼 소거능은 Arnao 등(2001), Re 등(1999)의 방법을 변형하여 사용하였다. 7 mM ABTS(Sigma-Aldrich Co.)와 2.45 mM potassium persulfate(Hayashi Pure Chemical Ind. Ltd., Osaka, Japan)를 혼합한 뒤 암실에서 24시간 동안 반응시킨 ABTS 용액과 희석한 추출물을 혼합하여 6분간 암실에서 반응시켜 Spectrometer(Shimadzu Co.)를 이용해 734 nm에서 측정하였다. 추출물 첨가군과 대조군(ascorbic acid)을 비교하여 백분율로 나타내어 계산하였다.

환원력 측정

환원력은 시료에 0.2 M sodium phosphate buffer(pH 6.6)와 1% potassium ferricyanide(Chameleon Analytical Reagent, Osaka, Japan)를 혼합하여 50°C에서 20분간

Table 1. Proximate compositions of barley

Barleys	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Crude ash	Carbohydrate
Hopum	7.33±0.32 ¹⁾²⁾	13.83±0.08 ^a	3.04±0.05 ^a	1.14±0.01 ^b	74.40±0.07 ^b
Gwangmaeg	6.91±0.47 ^b	10.57±0.02 ^b	2.88±0.05 ^b	1.59±0.02 ^a	78.02±0.15 ^a

¹⁾Each value is mean±standard deviation (n=3).

²⁾Values with different letters (a,b) within a column were significantly different by Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

반응시킨 후 1% trichloroacetic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 가하여 원심분리하였다. 상층액을 증류수와 0.1% ferric chloride(Sigma-Aldrich Co.)를 넣어 Spectrometer(Shimadzu Co.)를 이용해 700 nm에서 측정하였고, L-ascorbic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 대조군으로 비교하였다.

통계처리

본 실험에서의 실험값에 대한 통계분석은 SPSS 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) program을 이용하여 분산 분석 ANOVA법을 실행했으며, Duncan의 다중 범위 시험법 (Duncan's multiple range test)으로 $P<0.05$ 수준에서 실험군 간의 유의적 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

원맥의 일반성분 측정

원맥의 일반성분 측정 결과는 Table 1에 나타내었다. 호품과 광맥의 모든 일반성분에서 유의적인 차이가 있었다. 수분함량은 호품과 광맥에서 각각 7.33%, 6.91%로 측정되었으며 곡물 중의 수분함량은 일반성분의 변질이나 저장에 많은 영향을 준다고 보고되었다(Atzema, 1998). 조단백 함량은 호품(13.83%)이 광맥(10.57%)보다 많은 조단백 함량을 나타내었으며, 호품과 광맥의 조지방 함량은 3.04%, 2.88%로 측정되었다. 조회분 함량은 호품 1.14%, 광맥 1.59%를 가지며 호품보다 광맥의 조회분 함량이 높은 것으로 나타났다. 탄수화물의 함량은 호품 74.4%, 광맥 78.02%의 결과를 나타내었다. Kang 등(2017)의 연구 결과에 의하면 조단백 함량은 호품 11.1%, 광맥 11.4%로 보고되었다. 또한, Shin 등(2014)의 결과에 의하면 제주지역의 호품보리의 단백질 함량은 13.7~14.0%로 저장 기간에 따른 변화가 관찰되지 않았다. 또한, 광맥보리의 단백질 함량은 저장 10일 후 14.6%에서 저장 30일 후 12.9%로 감소하는 것으로 나타났다. 제주 호품보리의 단백질 함량은 본 연구 결과와 유사한 조단백 함량을 보여주었다. 일반적으로 보리의 일반성분 함량이 연구마다 다르게 측정되는 이유는 보리의 저장 기간과 재배 환경에 따른 영향이 관여하는 것으로 보인다.

원맥의 곡피율, 발아세, 몰트 수율 측정

원맥의 곡피율, 발아세, 몰트 수율은 Table 2에 나타내었다. 호품과 광맥의 곡피율은 7.92, 8.90%로 광맥이 호품보다 곡피의 함량이 0.98% 높게 나타났다. 저장 환경의 습도 변화와 종실의 수분함량 변화에 따라 곡피의 함량이 달라지

Table 2. Characters analysis of barley

Barleys	Husk content	Germination	Malt yield
Hopum	7.92±0.59 ¹⁾²⁾	97.01±2.11 ^a	77.55±1.38 ^a
Gwangmaeg	8.90±0.19 ^a	90.66±6.32 ^a	79.35±1.25 ^a

¹⁾Each value is mean±standard deviation (n=3).

²⁾Values with different letters (a,b) within a column were significantly different by Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

는 경향을 가지고 있다고 보고되었다(Shin 등, 2014). 호품과 광맥의 발아세는 97.01%, 90.66%로 나타났으며, 호품과 광맥의 발아세는 유의적인 차이가 없었지만 호품이 높은 발아세를 나타내었다. 몰트 수율은 광맥(79.35%)이 호품(77.55%)보다 높게 측정되었지만 유의적인 차이는 없었다. Oh 등(2003)에 의하면 발아세가 90% 이상이 되어야 몰트 수율이 우수하다고 보고되어 본 연구 결과와 유사한 발아세를 보였다. 또한, 몰트 수율은 원맥의 저장 기간이 길어질수록 낮아지는 경향이 있다고 보고되었다(Shin 등, 2014).

몰트의 수분함량, 조단백 함량, 가용성 질소 함량, 콜박지수, 효소역가 측정

호품, 광맥, 덴마크산과 독일산 몰트의 수분함량, 조단백, 가용성 질소 함량, 콜박지수, 효소역가의 결과는 Table 3에 나타내었다. 몰트의 수분함량은 호품 6.52%, 광맥 6.23%, 덴마크산 7.51%, 독일산 5.69%로 측정되었으며, 덴마크산 몰트가 수분함량이 가장 높게 측정되었고 독일산 몰트가 가장 낮게 측정되었다.

단백질 함량은 몰트의 품질 특성을 좌우하며 단백질 함량이 높으면 추출 수율이 낮고 맥주 제조 후 혼탁해지는 문제를 야기하지만, 가용성 질소 함량이 높고 효소역가는 높은 장점이 있다고 보고되었다(Lee, 1989; Kim과 Kang, 2002). 각 몰트의 단백질 함량은 호품 14.95%, 광맥 11.65%, 덴마크산 9.78%, 독일산 11.80%로 측정되었다. 단백질 함량이 가장 낮은 덴마크산보다 호품이 5.17% 더 높은 함량을 가지고 있는 것으로 나타났다. 원맥의 단백질 함량은 호품 13.83%, 광맥 10.57%였으며(Table 1), 제맥 과정을 거친 후 몰트의 단백질 함량은 호품 14.95%, 광맥 11.65%로 증가하는 것으로 나타났다.

몰트의 가용성 질소 함량은 호품이 다른 몰트와 유의적인 차이를 보이며 2.57%로 가장 높게 나타났다. 콜박지수는 단백질 함량에 가용성 단백질의 비율로 광맥(16.39%)과 독일산(16.19%)이 낮게 측정이 되었다. 효소역가는 단백질을 용해하는 정도이며, α -amylase, β -amylase, α -glucosidase 등을 포함한 배유전분이 분해와 관련된 모든 효소와

Table 3. Proximate compositions of various malt

Characters	Hopum malt	Gwangmaeg malt	Denmark malt	Germany malt
Moisture (%)	6.52±0.48 ^{b1)2)}	6.23±0.56 ^b	7.51±0.52 ^a	5.69±0.49 ^c
Malt protein (%)	14.95±0.08 ^a	11.65±0.20 ^b	9.78±0.01 ^c	11.80±0.11 ^b
Soluble nitrogen (%)	2.57±0.03 ^a	2.03±0.01 ^b	1.68±0.01 ^c	2.02±0.01 ^b
Kolbach index (%)	17.18±0.08 ^{ab}	16.39±1.62 ^b	19.53±2.00 ^a	16.19±1.78 ^b
Diastatic power (W-K)	163.39±13.83 ^a	157.79±16.64 ^a	175.79±14.89 ^a	154.92±6.24 ^a

¹⁾Each value is mean±standard deviation (n=3).

²⁾Values with different letters (a-c) within a row were significantly different by Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

활성을 측정하는 것이다(Kim과 Kang, 2002). 호품(163.39 W.K), 광맥(157.79 W.K), 덴마크산(175.79 W.K), 독일산(154.92 W.K) 몰트의 효소역가는 모두 유의적인 차이가 없었다. Kang 등(2017)의 연구 결과를 살펴보면 가용성 단백질 함량은 호품 3.4%, 광맥 3.3%로 측정되었고, 콜박지수는 호품 32.1%, 광맥 29.1%로 측정되었으며, 효소역가는 호품 165 W.K, 광맥 188 W.K로 보고되었다. 본 연구 결과에서 호품과 광맥 몰트의 가용성 단백질, 콜박지수, 효소역가가 낮게 측정되었다. 이것은 몰트의 저장 환경과 채맥 방법 등의 여러 요소로 인해 같은 품종의 몰트라도 가용성 단백질, 콜박지수, 효소역가의 결과가 다르게 나타나는 것으로 보인다(Shin 등, 2014; Lee, 1989).

몰트의 pH, 추출 수율, 총당 함량 및 가용성 고형분 측정

몰트의 pH, 추출 수율, 총당 함량 및 가용성 고형분 측정의 결과는 Table 4에 나타내었다. pH는 호품 6.05, 광맥 6.14, 덴마크산 6.00, 독일산 5.88로 측정되었으며, 광맥이 가장 높고 독일산이 낮게 보인다. Cha 등(2012)의 결과에 의하면 찰보리의 수침용액의 pH는 25°C에서 30시간을 수침했을 때 5.40으로 측정되었으며, 15°C에서는 5.52, 5°C에서는 6.34로 측정되었다. 이는 수침온도가 높을수록 pH가 낮아지는 경향으로 보였으며 겉보리 또한 같은 경향을 보였다고 보고하였다. 호품, 광맥, 덴마크산과 독일산의 추출 수율은 각각 5.60%, 5.50%, 2.00%, 2.10%로 호품이 가장

높은 에탄올 추출 수율을 보였다. 총당 함량은 호품 119.95 mg/g, 광맥 142.95 mg/g, 덴마크산 176.77 mg/g, 독일산 140.31 mg/g으로 측정되었으며, 덴마크산이 많은 총당 함량을 나타내었다. 가용성 고형분 측정 결과는 전부 2°Brix로 측정되었으며 모든 몰트 4종에서 유의적인 차이가 없었다.

몰트의 색도 측정

색도 측정의 결과는 Table 5에 나타내었다. 일반적으로 몰트의 색도는 맥주 제조 시 맥주의 색도를 좌우하는 중요한 품질 특성이라고 보고하였다(Kim과 Kang, 2002). 몰트의 색도는 측정된 L값, a값, b값이 모두 유의한 차이를 보였다. L값은 호품(56.37)이 가장 높게 나타났다. 독일산(53.62), 광맥(52.59), 덴마크산(48.35) 순으로 L값이 낮게 측정되었다. a값은 덴마크산(4.09)이 가장 높게 나타났으며, 호품(2.27)이 가장 낮게 측정되었다. b값은 호품(18.08)과 광맥(17.93)이 높게 나타났으며, 덴마크산(16.54)과 독일산(16.99)이 낮게 측정되었다. Kim과 Kang(2002)의 연구에 의하면 단백질이 낮은 보리와 단백질이 높은 보리의 L값이 각각 55.2, 51.4로 측정되었으며, 이 두 보리를 사용하여 발아시간을 각각 다르게 만든 몰트를 이용해 생산한 맥주의 색도(EBC)는 단백질이 낮은 보리 3.3 EBC, 단백질이 높은 보리 3.8 EBC로 측정되었고, 이런 결과를 통해 단백질의 함량이 증가함에 따라 맥주의 색도가 높아진다고 보고되었다.

Table 4. Characters analysis of various malt

Characters	Hopum malt	Gwangmaeg malt	Denmark malt	Germany malt
pH	6.05±0.02 ^{b1)2)}	6.14±0.01 ^a	6.00±0.01 ^c	5.88±0.01 ^d
Extract yield (%)	5.60±0.04 ^a	5.50±0.06 ^b	2.00±0.02 ^d	2.10±0.01 ^c
Total sugar content (mg/g)	119.95±5.55 ^c	142.95±13.05 ^b	176.77±5.94 ^a	140.31±13.35 ^b
Soluble solid (°Brix)	2.00±0.01 ^a	2.00±0.01 ^a	2.00±0.01 ^a	2.00±0.01 ^a

¹⁾Each value is mean±standard deviation (n=3).

²⁾Values with different letters (a-d) within a row were significantly different by Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

Table 5. Color values of various malt

Values	Hopum malt	Gwangmaeg malt	Denmark malt	Germany malt
L (lightness)	56.37±2.14 ^{a1)2)}	52.59±0.86 ^b	48.35±1.54 ^c	53.62±1.07 ^b
a (redness)	2.27±0.25 ^c	3.05±0.47 ^b	4.09±0.21 ^a	3.27±0.25 ^b
b (yellowness)	18.08±0.95 ^a	17.93±0.81 ^a	16.54±0.64 ^b	16.99±0.81 ^b

¹⁾Each value is mean±standard deviation (n=3).

²⁾Values with different letters (a-c) within a row were significantly different by Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

Table 6. Comparison of total polyphenol, flavonoid, and tannin contents of various malt

	Hopum malt	Gwangmaeg malt	Denmark malt	Germany malt
Total polyphenol content (mg GAE/g) ¹⁾	200.96±1.57 ^{c4)5)}	188.20±1.95 ^d	228.13±6.09 ^a	210.67±2.28 ^b
Total tannin content (mg TAE/g) ²⁾	6.51±0.07 ^a	5.95±0.34 ^a	6.40±0.64 ^a	5.81±0.32 ^a
Total flavonoid content (mg CHE/g) ³⁾	86.73±19.58 ^b	148.88±10.26 ^a	101.04±5.92 ^b	85.94±12.07 ^b

¹⁾Total phenolic content was expressed as mg/g gallic acid equivalent (GAE).

²⁾Total tannic acid content was expressed as mg/g tannic acid equivalent (TAE).

³⁾Total flavonoid content was expressed as mg/g catechin equivalent (CHE).

⁴⁾Each value is mean±standard deviation (n=3).

⁵⁾Values with different letters (a-d) within a row were significantly different by Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

총 폴리페놀, 탄닌 및 플라보노이드 함량 측정

총 폴리페놀, 플라보노이드 및 탄닌 함량은 Table 6에 나타내었다. 총 폴리페놀 함량은 호품, 광맥, 덴마크산 및 독일산 몰트가 각각 200.96, 188.20, 228.13, 210.67 mg GAE/g으로 측정되었다. 4종의 몰트 중 덴마크산 몰트(228.13 mg GAE/g)가 가장 높은 폴리페놀 함량을 보이고 광맥 몰트(188.20 mg GAE/g)가 가장 낮은 폴리페놀 함량을 나타내었다. Jeon 등(2013)에 의하면 폴리페놀은 식물의 대표적인 2차 대사산물로 식물체에 널리 분포되어 있으며, phenolic hydroxyl 그룹에 단백질, 효소 단백질 또는 기타 거대분자와 결합하는 성질을 가지고 있어 항산화 작용, 항균, 항알레르기 및 항암효과에 관여한다고 알려져 있다.

탄닌 함량은 호품 몰트(6.51 mg TAE/g)가 높은 탄닌 함량을 가지고 있는 것으로 측정되었으며, 광맥 몰트(5.95 mg TAE/g), 덴마크산 몰트(6.40 mg TAE/g), 독일산(5.81 mg TAE/g)이 호품 몰트보다 낮게 측정되었지만, 몰트 간의 탄닌 함량은 유의적 차이가 나지 않았다.

플라보노이드 함량은 호품(86.73 mg CHE/g), 광맥(148.88 mg CHE/g), 덴마크산(101.04 mg CHE/g), 독일산(85.94 mg CHE/g)의 몰트 중 광맥 몰트가 높은 플라보노이드 함량을 보였고 독일산 몰트가 낮은 플라보노이드 함량을 보였으며, 국내산 몰트 중에서 호품 몰트가 광맥 몰트보다 함량이 낮게 나타났다. 몰트의 폴리페놀 함량은 맥주의 안정성과 향미에 매우 중요한 역할을 하지만, 유통 기간에 맥주 속에 있는 단백질과 결합하여 혼탁의 원인이 되어 상품성을 저하시키기도 한다(Kim 등, 2013b). 본 연구에서 총 폴리페놀, 탄닌, 플라보노이드 함량과 항산화 활성은 관련성이 있는 것으로 보인다.

DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능의 변화 측정

DPPH 라디칼 소거능 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 호품, 광맥, 덴마크산과 독일산 몰트의 DPPH 라디칼 소거능은 농도가 증가할수록 활성이 증가하였고, 실험대조군인 ascorbic acid는 5 µg/mL에서 52.93%로 측정되었다. 1,000 µg/mL의 농도에서 호품 몰트 42.73%, 광맥 몰트 42.92%, 덴마크산 몰트 42.98%로 측정되었으나 서로 유의적인 차이가 없었다. 500 µg/mL의 농도에서 호품 몰트 34.93%, 광맥 몰트 21.66%로 측정되었으며, 호품 몰트가 다른 몰트들보다 높

Fig. 1. DPPH radical scavenging activity of various malt compared to control. Each value is mean±standard deviation (n=3). Values with different letters (a-h) above bars were significantly different by Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

은 활성을 보여주었다. Huang 등(2005)에 의하면 DPPH 라디칼 소거 활성과 ABTS 라디칼 소거 활성의 결과에서 차이가 나타나는 것은 DPPH는 ABTS와 달리 반응속도가 느리기 때문이라고 보고하였다. 본 연구 결과에서도 DPPH 라디칼과 ABTS 라디칼의 결과가 다르게 나타났다. 또한 Meneses 등(2013)의 결과에 의하면 에탄올 100%의 몰트 추출물에서는 DPPH 라디칼이 낮은 활성을 보였지만 에탄올 60%의 몰트 추출물에서는 가장 높은 항산화 활성을 보였다. 이는 추출 용매에 따라 항산화 활성의 변화가 다르다는 것을 보여준다.

ABTS는 안정적인 자유라디칼로서 DPPH 라디칼과 함께 항산화 활성을 측정하는 데 많이 이용되고 있다. ABTS를 peroxidase, H_2O_2 와 반응시켜 활성 양이온인 $ABTS^+$ 가 형성되면 추출물의 항산화력에 의해 $ABTS^+$ 는 소거되어 라디칼 특유의 색인 청록색이 탈색되는데, 이를 흡광도 수치로 나타내어 추출물의 항산화 평가를 할 수 있다(Kim 등, 2013a). ABTS 라디칼 소거능 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 실험대조군인 ascorbic acid는 50 µg/mL의 농도에서 93.31%로 측정되었다. ABTS 라디칼 소거능은 1,000 µg/mL의 농도에서 호품(81.19%)과 덴마크산 몰트(81.17%)가 높게 나타났고 독일산 몰트(71.51%)는 낮게 나타났다. 700 µg/mL의 농도에서는 호품 몰트(70.90%), 독일산 몰트(75.32%)와 덴마크산 몰트(74.61%)가 유의적인 차이는 보이지 않았고 광

Fig. 2. ABTS radical scavenging activity of various malt compared to control. Values with different letters (a-f) above bars were significantly different by Duncan's multiple range test ($P < 0.05$). Each value is mean $\pm$ standard deviation ($n=3$).

맥 몰트(68.17%)는 낮은 활성을 나타냈다. ABTS 라디칼 측정에서는 DPPH 라디칼과 달리 극성과 비극성 물질 모두 반응하여 소거되므로 ABTS 라디칼과 잘 반응하는 항산화 물질이 DPPH 라디칼과 전혀 반응하지 않을 수도 있다고 알려져 있다(Kim 등, 2013a; Re 등, 1999). 또한, Rice-Evans 등(1997)에 의하면 곡류의 항산화 물질 중 폴리페놀 화합물들은 자유라디칼을 안정화시킬 수 있는 phenolic ring이 존재하기 때문에 뛰어난 항산화력을 가진다고 보고하였고, Park(2002)에 의하면 항산화 활성은 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량과 관련성을 가지고 있다고 보고하였다. 본 연구에서도 몰트에서 항산화 활성이 높은 것은 폴리페놀, 플라보노이드, 탄닌 함량과 관련성이 있음을 보여주었다.

환원력 측정

호품, 광맥, 덴마크산 및 독일산 몰트의 환원력 측정 결과는 Fig. 3에 나타내었다. Ascorbic acid의 5 µg/mL의 농도에서 환원력은 0.41이며, 몰트 시료의 농도가 높아질수록 환원력이 증가하는 것으로 보인다. 1,000 µg/mL의 농도에

Fig. 3. Reducing power of various malt compared to control. Values with different letters (a-f) above bars were significantly different by Duncan's multiple range test ($P < 0.05$). Each value is mean $\pm$ standard deviation ($n=3$).

서 호품 0.55, 광맥 0.50, 덴마크산 0.45, 독일산 0.53의 환원력이 측정되며 호품이 가장 높은 활성을 가지고 있다. 또한, 700 µg/mL의 농도에서 호품 몰트가 0.46으로 다른 몰트들과 유의적 차이를 보였다. Kim 등(2011a)의 결과에 의하면 왕겨의 환원력은 발아 전 0.18에서 발아 후 0.22로 약간의 증가를 보였으며, 현미에서는 발아 전 0.32에서 발아 후 0.45로 증가하였다고 보고되었다. 본 실험 결과에 따르면 호품 몰트가 환원력이 가장 높은 활성을 보였다.

요 약

본 연구는 국내에서 육성된 2조 겉보리의 품질 특성, 2조 겉보리를 이용해 만든 호품, 광맥 몰트의 품질 특성 및 항산화 활성을 보여주었고 외국산 몰트와 비교하였다. 호품보리와 광맥보리의 단백질 함량은 13.83%, 10.57%로 측정되었다. 호품, 광맥보리를 이용해 제맥 과정을 거쳐 몰트를 만들었을 때 호품 몰트와 광맥 몰트의 단백질 함량이 14.95%, 11.65%로 증가하는 경향을 보였으며, 호품 몰트의 단백질 함량이 실험대조군인 덴마크산 몰트(9.78%)와 독일산 몰트(11.8%)보다 높았다. 호품과 광맥 몰트의 콜박지수는 17.18%, 16.39%이고 덴마크산과 독일산 몰트는 19.53%, 16.19%로 측정되었으며 덴마크 몰트의 콜박지수가 가장 높았다. 효소역가는 호품 몰트 163.39 W.K, 광맥 몰트 157.79 W.K, 덴마크산 몰트 175.79 W.K, 독일산 몰트 154.92 W.K로 보여졌다. 4종의 몰트를 이용해 총 폴리페놀, 탄닌, 플라보노이드 함량을 측정하여 비교했으며, 덴마크산(228.13 mg GAE/g) 몰트가 총 폴리페놀 함량이 높았고 탄닌 함량은 몰트 간의 유의적인 차이가 없었으며, 광맥(148.88 mg CHE/g) 몰트가 플라보노이드 함량이 가장 높았다. 국내산 몰트와 외국산 몰트의 항산화 활성을 비교했을 때 DPPH 라디칼 소거능 활성은 1,000 µg/mL의 농도에서 호품(42.73%), 광맥(42.92%), 덴마크산(42.99%) 몰트의 유의적인 차이가 없지만, 호품이 500 µg/mL의 농도에서 34.93%로 다른 몰트보다 높은 활성을 나타내었다. ABTS 라디칼 소거능 활성은 호품(81.19%), 덴마크산(81.17%) 몰트가 1,000 µg/mL의 농도에서 높게 활성이 보였다. 환원력은 1,000 µg/mL의 농도에서 호품 몰트가 0.55로 측정이 되었고, 700 µg/mL의 농도에서도 호품 몰트가 0.46으로 다른 몰트보다 유의적인 차이를 보이며 가장 높게 나타났다. 본 연구 결과에 의하면 국내산 몰트의 총 폴리페놀 함량이 낮게 나타났고, 광맥 몰트의 플라보노이드는 높게 측정이 되었다. 또한, 국내산 몰트는 항산화 활성에서 높은 활성을 보여주었으며, 외국산 몰트와 비교했을 때 국내산 몰트가 항산화 활성이 우수하게 보인다.

감사의 글

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 고부가가치식품기술개발사업의 지원을 받아 연구

되었습니다(과제번호: 119109-01).

REFERENCES

- Arnao MB, Cano A, Acosta M. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food Chem.* 2001. 73:239-244.
- Atzema AJ. Determination of the quality of forecast moisture content of cereals at harvesting time using forecast weather elements. *J Agric Eng Res.* 1998. 71:119-125.
- Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature.* 1958. 181:1199-1200.
- Burger WC, Schroeder RL. Factors contributing to wort nitrogen. I. Contributions of malting and mashing, and effect of malting time. *J Am Soc Brew Chem.* 1976. 34:133-137.
- Cha MN, Jun HI, Song GS, Kim YS. The effects of germination conditions on GABA and the nutritional components of barley. *Korean J Food Sci Technol.* 2012. 44:41-47.
- Cho KM, Kang CS, Kim YK, Kim KH, Jung YG, Park CS, et al. Regional and yearly different occurrence of seed infection by *Pyrenophora teres* (net blotch) in Korean hulled barley cultivars. *J Agric Life Sci.* 2015. 49:65-72.
- Choi I, Lee MJ. Bread quality by substituting normal and waxy hull-less barley (*Hordeum vulgare* L.) flour. *Food Sci Biotechnol.* 2011. 20:671-678.
- Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal Chem.* 1956. 28:350-356.
- Duval B, Shetty K, Thomas WH. Phenolic compounds and antioxidant properties in the snow alga *Chlamydomonas nivalis* after exposure to UV light. *J Appl Phycol.* 1999. 11:559-566.
- Huang D, Ou B, Prior RL. The chemistry behind antioxidant capacity assays. *J Agric Food Chem.* 2005. 53:1841-1856.
- Hyun JN, Han SI, Kim HT, Kang JR, Ko JM, Lim SG, et al. A new malting barley cultivar, "Hopum" with high quality and BaYMV resistance. *Korean J Breed Sci.* 2006. 38:67-68.
- Jeon SM, Kim SY, Kim IH, Go JS, Kim HR, Jeong JY, et al. Antioxidant activities of processed Deoduck (*Codonopsis lanceolata*) extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2013. 42:924-932.
- Kang CS, Kim YK, Yoon YM, Son JH, Choi JG, Song JK, et al. Two-rowed and covered barley for beer brewing variety, 'Gwangmaeg' with a cold tolerance and off-season heading. *Korean J Breed Sci.* 2017. 49:403-409.
- Kim HJ, Kim HJ. Physicochemical characteristics of Jeju barley and extracted β -glucan. *Food Eng Prog.* 2015. 19:132-138.
- Kim HJ, Lee JH, Choi SH, Kwon PK, Oh MJ. Effects of ozone and light illumination on the enzymatic activity of malt. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 1999. 28:67-73.
- Kim HY, Hwang IG, Kim TM, Park DS, Kim JH, Kim DJ, et al. Antioxidant and angiotensin converting enzyme I inhibitory activity on different parts of germinated rough rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2011a. 40:775-780.
- Kim JK, Kim SD, Kim KS. Changes of α -amylase activity of barley during germination by the red light irradiation. *Korean J Food Sci Technol.* 1985. 17:237-239.
- Kim KB, Kang KH. Effect of high-protein Korean malting barley on malt quality. *Korean J Food Sci Technol.* 2002. 34:407-412.
- Kim KH, Kim DM, Byun MW, Yun YS, Yook HS. Antioxidant activity of *Panax ginseng* flower-buds fermented with various microorganisms. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2013a. 42:663-669.
- Kim KH, Park SJ, Kim JE, Dong H, Park IS, Lee J, et al. Assessment of physicochemical characteristics among different types of pale ale beer. *Korean J Food Sci Technol.* 2013b. 45:142-147.
- Kim MJ, Hyun JN, Park JC, Kim YK, Lee MJ, Kim DH, et al. A new malting barley variety, 'Baegho' with resistance to barley yellow mosaic virus and powdery mildew. *Korean J Breed Sci.* 2011b. 43:538-542.
- Kim MJ, Park JC, Hyun JN, Kim JT, Kim SL, Lee CK, et al. Malting and brewing quality of colored barley. *Korean J Crop Sci.* 2012. 57:16-21.
- Ko JC, Kim BK, Nam JK, Baek MG, Ha KY, Kim KY, et al. A medium-late maturing new rice cultivar with high grain quality, multi-disease resistance, adaptability to direct seeding and transplanting cultivation, "Hopum". *Korean J Breed Sci.* 2008. 40:533-536.
- Lee MJ, Kim KS, Kim HS. Quality characteristics of whole barley flour added yogurt made with various lactic acid bacteria. *Food Eng Prog.* 2013. 17:311-318.
- Lee WJ. Malting quality characteristics of Korean and North American barley varieties. *J Korean Agric Chem Soc.* 1989. 32:203-208.
- Lee YT, Jung JY. Quality characteristics of barley β -glucan enriched noodles. *Korean J Food Sci Technol.* 2003. 35:405-409.
- Meneses NGT, Martins S, Texeira JA, Mussatto SI. Influence of extraction solvents on the recovery of antioxidant phenolic compounds from brewer's spent grains. *Sep Purif Technol.* 2013. 108:152-158.
- MFDS. Food Code. Ministry of Food and Drug Safety, Osong, Korea. 2019.
- Oh SK, Hyeon JN, Suh DY, Suh SJ. Quality characters and identification of breeding materials in malting barley. *Korean J Crop Sci.* 2003. 48:184-190.
- Park JC, Kim MJ, Lee ES, Park CS, Kang CS, Hyun JN, et al. Effects on growth and yield of Korean malting barley cultivars by soil-borne *Bymovirus* infection. *Res Plant Dis.* 2010. 16:21-26.
- Park YS. Antioxidative activities and contents of polyphenolic compound of medicinal herb extracts. *J East Asian Soc Diet Life.* 2002. 12:23-31.
- Qureshi AA, Burger WC, Elson CE, Benevenga NJ. Effects of cereals and culture filtrate of *Trichoderma viride* on lipid metabolism of swine. *Lipids.* 1982. 17:924-934.
- Qureshi AA, Burger WC, Peterson DM, Elson CE. The structure of an inhibitor of cholesterol biosynthesis isolated from barley. *J Biol Chem.* 1986. 261:10544-10550.
- Qureshi AA, Qureshi N, Wright JJK, Shen Z, Kramer G, Gapor A, et al. Lowering of serum cholesterol in hypercholesterolemic humans by tocotrienols (palmvitee). *Am J Clin Nutr.* 1991. 53:1021S-1026S.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med.* 1999. 26:1231-1237.
- Rice-Evans C, Miller N, Paganga G. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends Plant Sci.* 1997. 2:152-159.
- Sacks FM, Castelli WP, Donner A, Kass EH. Plasma lipids and lipoproteins in vegetarians and controls. *N Engl J Med.* 1975. 292:1148-1151.
- Shin SH, Kim KH, Kang CS, Cho KM, Park CS, Choo BG, et al. Analysis of grain and malting quality during storage period of 2-row barley. *J Agric Life Sci.* 2014. 45:1-5.
- Singleton VL, Rossi JA. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol*

- Vitic. 1965. 16:144-158.
- Whitmore ET. Rapid method for determination of the husk content of barley and oats. J Inst Brew. 1960. 64:407-408.
- Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chem. 1999. 64:555-559.