

국산 맥주보리 품종의 질소시비량 차이에 따른 맥아 품질특성

박지영¹ · 김양길² · 박종호³ · 최현철² · 오세관^{2*}

¹국립식량과학원 중부작물부, ²국립식량과학원, ³농촌진흥청 농촌인적자원개발센터

Quality Characteristics of Malt From Domestic Beer Barley Varieties Cultivated under Varying Nitrogen Fertilization Application Rates

Jiyoung Park¹, Yang-gil Kim², Jong-ho Park³, Hyun-chol Choi², and Sea-kwan Oh^{2*}

¹Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science (NICS), RDA

²National Institute of Crop Science (NICS), RDA

³Rural Human Resource Development Center (RHRDC), RDA

Abstract

Korea depends almost entirely on imports for malt, the main ingredient in beer. However, the consumer market for domestic malt has not developed in Korea because of the prejudice that the quality of domestic malt is inferior to that of imported malt. This study aimed to analyze the quality of malt from Gwangmaeg (GM) and Hopum (HP), representative domestic beer barley varieties cultivated under varying nitrogen fertilizer application rates (standard fertilizer application, 50% increase in application, and 50% decrease in application), and use the findings as primary data to promote domestic malt consumption. GM's crude protein and starch contents were significantly ($P < 0.05$) higher and lower, respectively, than those in HP. With decreased fertilizer application (GM: $14.0 \pm 0.8\%$ and HP: $11.4 \pm 0.4\%$), the protein content was significantly lower than that with increased fertilizer application (GM: $15.5 \pm 0.3\%$ and HP: $13.1 \pm 1.3\%$). Although there was no difference in β -glucan content, starch content tended to increase, indicating quality improvement. Acrospire length, yield, and enzyme titer, quality indicators of malt, increased with further fertilizer application, whereas friability and Kolbach index increased with decreased fertilizer application. For wort qualities, filtration time decreased from 36 to 34 minutes in GM and 55 to 42 minutes in HP, with the wort extraction rate increasing with decreased fertilizer application. These findings showed that decreased nitrogen fertilizer application improves the qualities of malt and wort.

Keywords: nitrogen fertilization, malt quality, beer barley, barley cultivar, malting

서 론

우리나라에서 맥주용 보리를 처음 도입하여 재배한 시기는 1934년경인 일제 강점기로 알려지고 있으며, 당시 조선 맥주(大日本맥주)에서 국산 맥주보리를 이용한 맥주제조가 처음 이루어졌다. 국내에 맥주가 처음 도입된 시기는 구한말이며 1876년 강화도 조약과 함께 일본에서 들어왔다(Kim, 2021). 국내 맥주용 보리 품종개발은 농촌진흥청 국립식량과학원에서 담당하고 있으며, Rural Development Administration (RDA, 2018)는 진광(1989년)을 처음 육성한 것을 시작으로 호품(2003년)과 누리맥(2016년)을 육성하였고 2018년까지 27개 품종과 최근 호단(2020년) 등을

추가 육성하였다. 맥주보리 품종육성을 위해서 국립식량과학원에서는 포장평가(생육특성, 병저항성, 수량성) 뿐만 아니라, 맥주보리 원맥품질과 맥아를 제조한 후 맥아 및 맥즙 품질을 측정하여 국제기준치 이상의 품질을 가지는 품종만을 신품종으로 출원하고 있다. 일반적으로 맥주용 보리의 우수한 품질특성은 곡피가 얇고 균일하며, 효소활성이 높고 전분은 많고 단백질 및 지방함량은 낮으며 향기가 좋고 종피색은 황금색을 띠며, 발아율, 맥아수율, 맥즙추출률 및 콜박지수(담금 시 용해된 형태로 분해되는 보리의 단백질 비율) 등이 높아야 고품질의 맥주용 보리로 인정을 받는다(Takeda, 1989).

국내 대기업 맥주회사에서 요구하는 국산 맥주보리(원맥) 품질기준은 품종순도 95% 이상, 적정한 단백질 함량 9.5-11.5%, 발아율 최소 95% 이상, 정립률(2.5 mm 이상) 88%, 적정한 수분함량 13.0% 이하 등이다. 따라서 국립식량과학원에서는 품종육성단계의 생산력검정시험부터 매년 유망한 계통과 품종들에 대한 맥주보리(원맥)를 품질분석하고 있다. 또한 맥아의 경우도 국내 대기업 맥주회사가 요구하는

*Corresponding author: Sea-Kwan Oh, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Wanju-gun, Jeollabuk-do 55365, Korea

Tel: +82-31-695-0622; Fax: +82-31-695-0608

E-mail: ohskwan@korea.kr

Received October 14, 2022; revised November 21, 2022; accepted November 23, 2022

맥아품질기준에 맞추어, 수분 5% 이하, 추출률 80.5%, 콜박지수 40-45%, 효소역가 250 WK (Windisch-Kolbach), Friability (맥아의 부서짐 정도) 80% 이상의 맥아를 생산할 수 있는 농촌진흥청 나뭇의 맥주보리 품종개발 기준을 설정하여 이용하고 있다(Kim et al., 2002).

OB맥주를 비롯한 국내 대기업 맥주회사에서 사용하는 국산 맥주보리 품종은 호품보리(2003년)이며 매년 약 13,000톤을 농협과 계약생산을 통하여 구매하여 각 대기업 맥주회사(OB, 하이트진로, 롯데칠성음료)에 분담하여 일부 사용하고 있는 것으로 알려지고 있지만, 실제로는 OB에서 맥아용으로 사용되는 8,000톤을 제외하고는 약 5,000톤은 보리자체를 원료로 이용하고 있는 현실이다(Jung et al., 2015). 그리고 대기업에서 연간 사용되고 있는 맥아는 연간 약 230,000톤으로 전량 수입에 의존하고 있다. 아울러 대기업에서 국산맥주보리를 사용하지 않는 원인은 수입맥아에 비하여 품질이 떨어지고 가격이 비싸다는 이유로 사용을 기피하는 실정이다. 그런데 최근 국내 수제맥주 시장이 급성장하고 있고 수제맥주 회사는 2020년도 기준으로 150여개까지 증가하여 각각 차별화된 맥주를 생산판매하고 있다(Oh et al., 2019). 이에 따라 각 회사에서는 특화맥주를 제조하고자 다양한 국산 맥아를 요구하는 실정이지만, 국산맥주보리 및 맥아의 경우 수입맥아에 비하여 품질이 떨어진다는 이유로 국산 맥아산업 발전에 저해요소로 작용하고 있다. 그 중 맥주보리시장에서 단백질 함량은 가장 중요한 요인 중의 하나이다. Vahamidis et al. (2017)은 질소 과비에 의해 높은 단백질을 함유한 맥주보리는 양조용으로 부적합하거나 가치가 내려 갈 수 있다고 보고하였다. Kaur & Kaur (2022)는 질소 증비에 의해서 맥주보리의 수량과도 밀접한 관련이 있어 질소는 작물 생산에 있어서는 수량을 증대시키는 아주 중요한 역할을 하지만, 질소시비량이 높아질수록 맥주 보리 종자의 단백질 함량 또한 증가되어 이에 대한 고려가 필요하다.

따라서 본 연구는 국산 맥주보리 및 맥아의 품질을 향상을 위한 요인을 구명하고 국산 맥주보리 및 맥아산업을 활성화 시키고자, 국내육성 품종인 광맥과 호품보리를 공시하여 질소시비(추비)량을 표준시비, 50% 증비, 50% 감비 등 시험구를 달리하여 생산한 맥주보리(원맥)에 대하여 품질변화를 분석한 후에 농촌진흥청 국립식량과학원의 맥아가공 공정에 따라 맥아 및 맥즙을 제조하여 시험구별 시비량 처리에 따른 품질차이를 분석하여 국산 맥아품질 저하요인을 구명하여 얻어진 결과를 국내 맥아 소비확대를 위한 기초자료로 활용하고자 수행하였다.

재료 및 방법

시험 재료

국내에서 개발된 호품보리와 광맥보리 2가지 품종을 농

촌진흥청 국립식량과학원(전주) 시험포장에서 2020-2021년에 생산된 시료를 시험재료로 활용하였다. 재배방법은 국내 맥주보리 표준재배법에 준하였고, 질소 시비(추비)량을 달리하여 50% 감비구, 표준구, 50% 증비구로 3가지 시비량 조건으로 달리하고 난괴법 3반복으로 시험구를 배치하여 재배하였다.

맥아 시료 준비

생산된 맥주보리는 2.5 mm 종목체를 통과한 종실무게를 10a(아르, are)로 환산(전체 수량 × 2.5 mm 이하 비율을 10a로 환산)하여 설립을 제외한 완전 종실량으로서 수분함량을 13%로 보정한 조곡중을 10a로 환산하여 수량을 구하였다. 품질분석용 시료는 수확구 시료에서 100 g을 채취하여 2.5 mm 종목체를 통과하지 않은 시료의 종실무게를 %로 환산하여 정립율을 환산하고 분석시료로 활용하였다. 맥아(malt) 제조는 시험구별로 생산된 맥주보리를 2.5 mm 종목체를 선립한 시료를 250 g씩 평량하여 시험연구용 자동 제맥기(automatic micro malting system, Phoenix Bio, Adelaide Australia)를 사용하여 도찌기법(Takeda, 1989) 제맥프로그램을 응용하여 맥아를 생산하였다.

원맥(Grain) 품질 분석

원맥 및 맥아품질분석은 EBC (European Brewery Convention, 1985), ASBC (American Society of Brewing Chemists, 1989) 등을 개량한 농촌진흥청 국립식량과학원 맥주보리 및 맥아품질분석법에 분석하였다. 100립중은 2.5 mm의 체로 선별한 종자를 무작위로 100립을 취하여 전자저울로 무게를 측정하여 산출하였다. 원맥 곡피율(%)은 차아염소산나트륨(NaClO) 용액을 처리하여 보리 껍질을 제거하고 무게의 감소분을 환산하여 곡피율을 구하였다. 발아세·발아율(%)은 20°C와 상대습도 95% 이상으로 설정된 발아상에서 72시간 경과 후 발아한 곡립의 수를 환산하여 발아세를 구하였고, 불발아된 보리는 다시 Petri dish에 넣고 48시간 후(총 120시간) 발아한 곡립의 수까지 포함하여 발아율을 구하였다. 수감수성(%)은 Petri dish에 여과지 2장을 깔고 증류수를 각각 4.5 ml와 9 mL를 넣고 시료 100립을 채취하여 넣어 3반복을 측정하였다. 20°C와 상대습도 95% 이상으로 설정된 발아상에서 72시간 경과 후 각각 발아한 곡립의 수를 센 다음, 아래 환산식에 의해서 산출하였다.

$$\text{수감수성(\%)} = \frac{B - A}{100} \times 100$$

식에서 A: 72시간 경과 후 4.5 mL에서 발아한 곡립의 수

B: 72시간 경과 후 9 mL에서 발아한 곡립의 수

맥주보리(맥아 포함) 단백질 분석은 원소분석기(Vario MAX CN, Elementar, Langensfeld Germany)를 이용하여

N을 분석한 후 환산 계수(6.25)를 곱하여 구하였다. 총전분은 Megazyme kit (Megazyme International Ireland Ltd., Wicklow, Ireland)을 이용하였고, 아밀로스 함량은 Juliano (1985)의 비색정량법에 따라 측정하였다. β-Glucan은 Megazyme kit를 이용하여 McCleary method에 의하여 분석하였다. 맥주보리 원맥을 분쇄하여 0.5 mm 체를 통과한 시료를 이용하며, 각 시료의 수분함량을 측정하여 기입해 둔 후에, Lichenase와 β-glucosidase에 의한 β-glucan 분해 산물인 D-glucose 함량을 glucose oxidase/peroxidase reagent를 이용하여 측정하여 아래 공식에 의하여 산출하였다.

$$\beta\text{-glucan (\% w/w)} = \Delta A \times F \times 300 \times \frac{1}{1000} \times \frac{100}{W} \times \frac{162}{180}$$

$$= \Delta A \times \frac{F}{W} \times 27$$

맥아(Malt) 품질

맥아수율은 제맥 전 원맥의 무게와 제맥 후 뿌리를 제거한 맥아의 무게의 비율을 계산한다. 시료는 2.5 mm 체를 이용하여 정선한 다음, 제맥전 원맥의 무게와 수분함량을 측정하고 일정한 조건하에서 제맥하고 뿌리를 제거한 맥아의 무게와 수분함량을 측정하여 아래 식에 적용하여 산출하였다.

$$\text{맥아수율(\%)} = \frac{B}{A} \times 100$$

식에서 A: 제맥 전 원맥의 건중(g)
B: 제맥 후 맥아의 건중(g)

맥아신장도는 시료는 2.5 mm 체를 이용하여 정선하고 정상조건 하에서 일정기간 발아시킨 녹맥아의 엽아길이를 측정한다. 녹맥아 무작위로 100립을 채취하여 맥아의 길이를 측정하는데 엽아의 길이에 따라 0~¼, ¼~½, ½~¾, ¾~1, 1 이상으로 분류하여 신장된 정도를 확인하여 맥아 용해 및 제맥상태를 아래와 같이 산출하였다.

$$\text{신장도(\%)} = \frac{2A + 3B + 5C + 7D + 10E}{8(A + B + C + D + E)}$$

식에서 A: 맥아의 길이에 대한 엽아의 길이가 0~¼인 맥아 개수
B: 맥아의 길이에 대한 엽아의 길이가 ¼~½인 맥아 개수
C: 맥아의 길이에 대한 엽아의 길이가 ½~¾인 맥아 개수
D: 맥아의 길이에 대한 엽아의 길이가 ¾~1인 맥아 개수
E: 맥아의 길이에 대한 엽아의 길이가 1 이상인 맥아 개수

가용성단백질, 콜박지수는 분광광도계법은 Kjeldahl 방법

에 의해 얻어진 회귀값을 이용하여 215 nm와 225 nm에서 측정된 흡광도 값으로 가용성 단백질 함량을 구하였다. 콜박지수는 맥아의 전질소 함량과 가용성질소 함량을 이용하여 구하였다.

효소역가는 맥아 중의 β-amylase가 전분을 maltose로 분해시키는 능력을 pH를 알고 있는 완충용액을 이용한 적정 방법으로 측정하여 환산하는데 ASBC법(1992)에 따랐다.

Friability는 맥아 부스러지는 정도를 확인하여 맥아용해 및 제맥상태를 추정한다. 분석방법은 맥아 50 g을 평량하였다. Friability meter에 넣고 8분간 분쇄하였다. 분쇄되지 않고 체에 남아있는 맥아를 모아 평량하여 %로 환산하였다.

맥즙(Wort) 품질

여과시간(Filtration time)은 초기 여과된 100 mL를 funnel에 다시 붓고 여과된 맥즙이 100 mL와 200 mL이 되었을 때의 시간을 측정하여 여과시간을 결정하였다. 최대 90분 이상이면 품질이 좋지 않은 것으로 판단하였다. 맥즙추출율(Extract yield) Digital density meter를 이용하여 맥즙의 비중을 측정하고 “Extract in Wort and Beer (ASBC)” 표를 이용하여 Plato 값을 구하고 다음식에 의해서 산출하였다.

시료의 추출률(%)은 다음 식으로 산출하였다.

$$\text{추출률, as-is (\%)} = \frac{P(M + 800)}{100 - P}$$

식에서 P: 맥즙의 추출률(% Plato)
M: 맥아의 수분함량(%)
800: 당화시 맥아 100 g에 사용된 증류수 양

$$\text{추출률, dry basis (\%)} = \frac{E \times 100}{100 - M}$$

식에서 E: 추출률, as-is (%)
M: 맥아의 수분함량(%)

맥즙의 가용성고형분 함량은 Park et al. (2019)의 방법으로 여과를 거친 당화액을 20°C로 냉각을 시켜 일정하게 온도를 유지시키고 시료 당 1 mL가량을 취하여 당도계 (PAL-1, ATAGO, Tokyo, Japan) 를 이용하여 측정하였다. 맥즙(맥주)색도는 분광광도계를 사용하여 430 nm에서 흡광도 값으로 맥즙과 맥주의 색도를 측정하였다.

결과 및 고찰

질소시비를 달리한 맥주보리 품종의 원맥품질

국내에서 육성된 맥주보리의 대표품종인 호품과 광맥을 시험재료로 국립식량과학원(전주) 시험포장에서 질소시비(추비)량을 표준구, 50% 증비구 및 50% 감비구로 조건을 다르게 재배하여 단백질과 전분, 아밀로스 β-glucan을 분석한 결과를 Table 1에 나타내었다. 생산된 원맥(보리)의 단

Table 1. Approximate composition of grains from domestic beer barley varieties cultivated under varying nitrogen fertilization application rates

Cultivar	Nitrogen fertilization	Crude protein (%)	Total starch (%)	Amylose (%)	β -Glucan (%)
Kwang-maeg	50% increase	¹⁾ 15.5±0.3 ^a	51.7±1.5 ^b	17.8±0.6 ^b	4.3±0.1 ^a
	standard	15.1±1.4 ^a	52.9±1.2 ^b	17.5±0.4 ^b	4.1±0.1 ^{ab}
Hopum	50% decrease	14.0±0.8 ^{ab}	52.6±2.2 ^b	18.0±0.2 ^b	4.2±0.1 ^{ab}
	50% increase	13.1±1.3 ^{bc}	57.0±2.2 ^a	19.5±0.3 ^a	4.0±0.1 ^b
	standard	12.7±0.9 ^{bc}	57.4±0.3 ^a	19.1±0.1 ^a	4.0±0.1 ^b
	50% decrease	11.4±0.4 ^c	58.8±1.4 ^a	19.0±0.6 ^a	4.1±0.1 ^{ab}

¹⁾Values indicate the means of three replications.

a-c Different letters within the same column indicate significant differences ($p < 0.05$).

백질 함량을 분석한 결과, 50% 감비구에서 표준구보다 단백질 함량이 감소하는 경향이 나타났다. 호품은 표준재배로 생산된 원맥의 단백질 함량이 12.7%로 광맥 표준시비 생산원맥 단백질함량 15.1%에 비하여 낮았다. 그리고 2품종 모두 50% 증비구에서는 단백질 함량이 표준재배에 비하여 상대적으로 증가하였으며 호품은 광맥에 비하여 상대적으로 단백질 함량이 낮았다.

Oh et al. (2003)은 단백질은 맥아품질을 좌우하는 중요한 요소로서 단백질함량이 기준치보다 높으면 맥주수율이 떨어지고 혼탁해진다고 하였으며, 단백질함량이 기준치보다 1% 높아지면 맥주수율은 0.86% 감소되기 때문에 맥주회사입장에서는 손실을 막기 위해서 저단백질 품종을 선호한다고 하였다. 단백질함량이 12% 미만이어야 맥아 및 맥즙품질이 양호해지고 결국 맥주수량에 양호한 결과를 초래하는 것으로 알려지고 있다(Cho et al., 1996; Goblisch et al., 1996). 실제로 국내 유통되는 상업용 수입맥아의 단백질을 분석한 결과 10-11% 범위의 단백질 함량을 나타내었다(데이터 제시되지 않음). Park et al. (2021)에 따르면 맥주보리 “호품”의 종목체 크기별 조사시 종자크기가 작아질수록 단백질 함량이 높은 것으로 나타났고, 2.5 mm 이하에서 12%를 초과하여 맥주보리 품질에 적합하지 않았고, 2.5 mm 이상에서는 적합한 것으로 보고되었다. 그리고, 단백질 함량이 높을수록 상대적으로 전분함량이 낮은 결과를 보였다. 본 연구결과에서 호품 50% 감비로 재배하여 생산된 원맥의 단백질함량이 11.4%로 낮아 기준에 적합하였다. 또한 전분, 아밀로스의 경우는 호품이 광맥보다 상대적으로 높아 호품의 전분가는 57.0-58.8%로, 광맥전분의 51.7-52.9%에 비하여 높아 맥주양조에 적합할 것으로 보였다. Oscarsson et al. (1996)은 맥주보리의 일반성분구성은 전체 중에 평균값이 전분은 약 58%, 단백질함량이 약 12.2%인 것으로 나타났으며, 그밖에 β -glucan을 비롯한 섬유질이 21%, 지방 2.5%, 당류가 1.2% 등으로 분포하는 것으로 보고하였다. 일반적으로 맥주 제조시 β -glucan 함량은 높을수록 섬유성 침전물이 많이 발생하여 겨울철에는 맥주가 동결되는 현상이 발생하고, 맥즙의 점도가 높아져 여과시간이 오래 걸리게 되므로 저 β -glucan 품종을 육성하는 것이

바람직하다(Hong et al., 1998). 이러한 연구결과를 토대로 세계적으로 각 맥주회사에서는 맥주보리 품질기준이 마련한 것으로 보인다.

본 연구 결과에서는 맥주보리 품종별로 질소비료 시비량 차이에 따른 처리 간에는 다른 성분은 큰 차이가 없었지만 단백질 함량에서는 차이가 있었다. 이는 Kaur (2020)가 보고한 질소 증비시 단백질 함량이 증가한다는 연구와 유사한 결과를 나타내었다. β -Glucan 함량은 광맥보다 호품이 전반적으로 다소 낮은 값을 나타내어 품질기준에 보다 적합하였으나, 품종간, 질소시량 처리 간에 큰 차이가 인정되지 않았다.

질소시비를 달리한 맥주보리 품종의 맥아 가공적성

질소시비(추비)량을 50% 증가하여 재배한 시험구에서 생산된 맥주보리 원맥은 100립중이 증가한 경향이 나타났다(Table 2). 호품은 증비구에서 4.7 g, 감비구에서 4.5 g의 측정값을 보였고, 광맥은 증비구 4.8 g, 감비구 4.6 g으로 큰 차이는 발생하지 않았지만 비료를 많이 주면 곡립이 다소 커져서 100립중이 무거워지고, 시비량을 줄이면 100립중이 가벼워져서 질소비료를 많이 주게 되면 곡립 무게가 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

곡피율은 호품은 증비구 14.6%에서 감비구 14.9%로 질소비료 시비량을 줄여서 재배한 감비구에서 다소 높아지는 경향을 보였지만 큰 차이는 인정되지 않았고, 광맥의 경우는 증비구 15.3%에서 감비구 16.1%로 시비량을 줄여서 재배한 감비구에서 곡피율이 다소 높아져서 껍질 두꺼워지는 경향이였다.

곡피는 생물학적이거나 환경적 스트레스 등으로 종자를 보호하는 특성이 있어 곡피율은 날씨가 추운지역에서는 곡피가 두꺼워지는 경향을 나타내는 것으로 알려지고 있다(Grant et al., 2021). 광맥은 한국의 높은 위도에서도 재배가 가능하도록 개량된 내한성 품종으로 곡피함량이 두꺼운 품종으로 개발된 것이라 본 연구결과에서도 호품에 비하여 곡피율이 높게 측정된 것이다.

발아세, 발아율, 수감수성 등은 질소시비량의 차이에 따라서는 통계적으로 차이가 인정되지 않았지만, 품종간 차

Table 2. Quality characteristics of grains from domestic beer barley varieties cultivated under varying nitrogen fertilization application rates

Cultivar	Nitrogen fertilization	100 seeds weight (g)	Grain husk (%)	Germination energy (%)	Germination capacity (%)	Water sensitivity (%)	Color (EBC)		
							L	a	b
Kwang-maeg	50% increase	¹⁾ 4.8±0.1 ^a	15.3±0.5 ^{bc}	95.3±2.3 ^a	98.7±0.9 ^a	28.2±2.0 ^a	54.8±0.4 ^{abc}	4.9±0.1 ^a	16.6±0.1 ^a
	standard	4.7±0.1 ^{ab}	15.4±0.3 ^b	96.2±2.6 ^a	98.2±1.0 ^{ab}	29.1±6.0 ^a	55.0±0.4 ^{ab}	5.0±0.2 ^a	16.4±0.5 ^{abc}
	50% decrease	4.6±0.0 ^{bc}	16.1±0.2 ^a	97.7±0.9 ^a	98.2±0.7 ^{ab}	27.4±8.3 ^a	55.3±0.1 ^a	5.1±0.1 ^a	16.6±0.2 ^a
Hopum	50% increase	4.7±0.1 ^{ab}	14.6±0.3 ^c	94.4±1.5 ^a	96.0±0.7 ^{ab}	15.7±4.3 ^b	54.5±0.3 ^{bc}	4.4±0.2 ^b	15.7±0.6 ^c
	standard	4.7±0.1 ^{ab}	14.9±0.3 ^{bc}	95.3±3.3 ^a	97.4±3.0 ^{ab}	17.8±3.0 ^b	54.3±0.0 ^c	4.5±0.2 ^b	15.8±0.2 ^{bc}
	50% decrease	4.5±0.2 ^c	14.9±0.5 ^{bc}	94.8±1.0 ^a	95.6±1.5 ^b	16.6±5.7 ^b	55.0±0.4 ^{ab}	4.9±0.2 ^a	16.5±0.6 ^{ab}

¹⁾Values indicate the means of three replications.

a-c Different letters within the same column indicate significant differences (p<0.05).

Table 3. Quality characteristics of malts from domestic beer barley varieties cultivated under varying nitrogen fertilization application rates

Cultivar	Nitrogen fertilization	Malt yield (%)	Malt acorspire length (%)	Malt protein (%)	Kolbach index (%)	Diastatic power (WK)	Friability (%)
Kwang-maeg	50% increase	¹⁾ 79.3±0.3 ^a	69.6±1.1 ^b	15.5±0.2 ^a	30.7±1.2 ^b	389.1±15.2 ^a	71.6±1.6 ^b
	standard	77.7±0.6 ^{ab}	75.5±3.0 ^a	15.0±1.5 ^a	35.6±0.5 ^{ab}	328.5±39.1 ^{ab}	73.4±4.9 ^b
	50% decrease	77.9±0.2 ^{ab}	68.7±3.2 ^b	13.8±0.8 ^{ab}	35.9±0.1 ^{ab}	262.7±20.9 ^b	76.1±5.1 ^b
Hopum	50% increase	76.9±1.3 ^b	80.4±1.7 ^a	12.9±1.0 ^b	37.5±0.5 ^a	223.5±42.2 ^{bc}	84.1±1.9 ^a
	standard	76.8±0.7 ^b	77.7±1.8 ^a	12.1±1.1 ^{bc}	37.9±6.5 ^a	185.5±25.4 ^c	84.3±2.8 ^a
	50% decrease	76.7±2.1 ^b	75.6±4.7 ^a	10.7±0.5 ^c	40.0±1.5 ^a	163.1±16.2 ^c	84.7±0.9 ^a

¹⁾Values indicate the means of three replications.

a-c Different letters within the same column indicate significant differences (p<0.05).

이를 보면 광맥이 호품에 비하여 수감수성이 통계적으로 유의하게 높았으며 이에 따라서 발아세와 발아율도 상대적으로 약간 높아지는 결과를 나타내었다. Cho et al. (1996)에 의하면 맥주용 보리는 발아세 90% 이상, 발아율 95% 이상이 되어야 제맥수율이 우수하다고 하였는데, 본 연구 결과에서는 호품, 광맥 모두 질소시비량 관계없이 발아세 94% 이상, 발아율 96% 이상을 나타내어 품질기준에 적합한 것으로 판단되었다. 수감수성의 경우는 국제규격이 보리를 30시간 이상 담갔을 때 10 미만이어야 불발아율이 낮고 발아세가 우수한 것으로 알려지고 있다(Takeda, 1979). 하지만 본 연구결과에서는 3일간 수감수성을 조사해본결과 호품은 15-18, 광맥은 27-29로 측정되어 기준치 이상으로 높았지만 발아세, 발아율에는 크게 영향을 주지 않았다.

호품, 광맥 원맥의 품종별/질소시비량 처리별 색차를 비교하였더니, 질소비료를 적게 시비한 50% 감비구에서 색차값이 다소 높아져서 선명한 색을 띠는 경향을 보였지만 질소시비량 처리간에 차이가 인정되었다고는 볼 수 없으며 품종간에도 큰 차이는 인정되지 않았다.

질소시비를 달리한 맥주보리 품종의 맥아 품질

우리나라의 맥주회사에서 사용하는 맥아는 대부분 수입에 의존하고 있으며, 국산맥의 경우는 수입산에 비하여 품질이 다소 떨어진다는 이유에서이지만 국내개발 맥주보리 품종이 문제라기보다는 재배기간중의 기후나 시비량에 의

해서 좌우되는 것으로 알려지고 있다(Oh et al., 2003).

Table 3에 나타낸바와 같이 맥아수율은 전반적으로 호품의 76.7-76.9%의 측정값에 비하여 광맥이 약간 높아 77.7-79.3%의 범위를 나타내었지만, 질소시비량 차이에 따라서는 통계적 유의성이 인정되지 않았다.

맥아 신장도는 호품이 75.6-80.4로서 광맥의 68.7-75.5%보다 다소 높은 경향을 보였으나, 질소시비량 차이에 따른 맥아 신장도는 차이가 인정되지 않았다.

맥아단백질의 경우를 비교해보면, 질소시비량차이에 따라서는 50% 증비구가 가장 높았고, 다음이 표준구, 그리고 50% 감비구에서 단백질 함량이 가장 낮아져서 맥아수율이 높은 고품질의 맥아를 생산하기 위해서는 질소비료 적게 시비하여 재배하는 것이 효율적이라는 것을 확인할 수 있었다.

맥주보리 품종별로 비교해보면, 광맥은 50% 증비구의 맥아단백질이 15.5%로 매우 높았고 표준구에서도 15.0%, 50% 감비구에서도 13.8%로 다소 감소는 하였지만 원래 단백질이 높은 품종으로 확인되어 고품질의 맥아가공에는 적합하지 않을 것으로 생각되었으며, 국내 사용 맥아단백질 품질규격(9.5-11.5%)에 맞지 않은 결과가 얻어졌다. 반면에 호품은 50% 증비구에서 12.9%로 다소 높게 측정되었지만, 표준구는 12.1% 및 50% 감비구에서는 10.7%로 낮아져서 질소비료를 시비하여 재배한 호품보리는 맥아 품질규격에 적합하였기에 고품질 맥아 및 맥주가공용 원료로

적합하였다. 즉 맥주보리는 농가에서 재배할 때에 질소비료를 과용하게 되면 맥아 단백질 함량이 상대적으로 높아져서 맥아품질과 상품성 가치를 저하시키는 요인으로 작용하는 것으로 확인되었다.

그리고 Shin et al. (1980)에 의하면 단백질함량은 맥주보리의 발아력, 효소역가 등에 영향을 많이 주는 성분으로 단백질함량을 낮추어야 맥아품질 향상에 도움이 된다고 하였으며, 국내 맥주보리의 저단백 연구가 중요하다고 강조하였다. Yousif & Evans (2018)은 호주와 캐나다 두줄보리 품종을 가지고 질소를 증비한 결과, 보리내의 가용성 질소가 높아져, 맥아의 품질지표 즉, 맥아의 가용성 질소, 유리아미노산, β -amylase 함량을 증가시켰고, 수율과 색도, β -glucan 함량은 감소한다고 하여 맥아 품질에 유의적으로 영향을 준다고 보고하였다.

맥아의 콜박지수(Kolbach index)는 질소시비량 처리간에 유의성은 안정되지 않았지만 호품이 50% 증비구 37.5%에서 50%감비구 40%의 범위에서 측정되어서 광맥의 30.7-35.9%보다 높아 맥주제조에 보다 유리한 품질특성을 나타내었다.

그러나 반면에 효소역가(Diastatic power)는 질소시비량을 50% 증가하여 재배한 시험구에서 증가하였고 표준구, 감비구에서는 순차적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 특히 호품은 증비구 223.5%에서 감비구 163.1%의 범위에서 감소하였으며, 광맥은 증비 389.1%에서 감비 262.7%로 감소하는 경향을 보였지만 호품보다 월등히 높은 효소역가를 나타내었다.

또한 맥아의 파쇄정도(Friability)를 측정해본 결과를 보니 각 품종별 질소시비량 처리간 차이에 따라서는 상호간에 차이가 통계적 유의성이 인정되지 않았으나, 품종간 비교를 해보니 광맥(71.6-76.1%)보다 호품(84.1-84.7%)이 월등히 높아 맥아의 물성이 부드럽고 파쇄가 잘되어 당화품질에 좋은 영향을 줄 것으로 보인다.

질소시비를 달리하여 생산된 맥아의 맥즙 품질

재배조건별로 제조한 맥아를 분쇄하여 당화과정을 거쳐서 만들어진 맥즙에 대한 품질을 비교해본 결과를 Table 4에

나타내었다. 먼저 맥즙 여과시간을 비교해보면 표준구나 증비구는 통계적 유의성이 없었지만, 추비량을 50% 적게 시비한 감비구에서 여과시간이 짧아지는 효과가 나타났다.

맥즙 100 mL를 여과하는데 소요되는 시간을 비교해보면 호품은 표준구 60.0분이 걸린 것에 비하여 50% 감비구는 42.0분이 소요되어 단축되었다. 광맥은 표준구 46.2분이 걸렸고 50% 감비구에서는 34.4분으로 단축되었으며, 그러나 호품에 비하여 광맥이 여과시간이 상대적으로 짧은 것을 확인할 수 있었다. 일반적으로 맥즙 여과시간이 짧을수록 맥주제조과정을 단축시키므로 생산비용을 절감해주는 효과가 있을 것으로 보였다.

Lee & Lee (1994)은 β -glucan 함량은 맥즙의 점도와 상관관계를 보여주며 점도가 높으면 여과시간을 늦추어주는 영향을 주며 맥주에 잔존하여 맛과 품질을 저하시키는 영향을 준다고 하였다. 또한 Manzaneres & Sendra (1996)도 맥즙중의 β -glucan 함량이 높으면 맥즙 점도가 높아지고 여과시간이 길어지며 겨울철에 저장 유통중의 맥주가 동결되는 현상이 발생되므로 β -glucan 함량이 낮은 품종을 개발할 필요가 있다고 강조하였다.

그리고 맥즙 추출율은 광맥(72.4-73.6%)에 비하여 호품은 78.9-79.3%의 범위로 나타나 상대적으로 높아 맥주수율이 광맥에 비하여 높을 것으로 추측되었으며, 질소비료 시비량 처리간에는 차이가 없어서 통계적 유의성은 인정되지 않았다.

또한 맥즙 당도는 광맥의 15.1-15.2%에 비하여 호품의 16.7-16.8%로 다소 높은 측정값으로 나타났으며, 품종간의 유의성은 있었지만, 질소시비량을 달리한 처리구별로 차이가 인정되지 않았다. 처리간 시료별 맥즙 색도를 측정해본 결과, 50% 증비구 < 표준구 < 50% 감비구로 색도값이 높아져 질소시비량을 적게 줄수록 맥즙색도가 진해지는 경향을 나타내었으며, 광맥 5.5-6.1의 색도값에 비하여 호품은 7.3-8.4의 색도값을 나타내어 당화 처리 과정에서 전분이 충분히 당화되어 진한 맥즙을 생산하는 것으로 생각되었다.

Kassie & Tesfaye (2019)는 높은 질소비료를 처리하여 단백질함량이 높았을 경우, 맥즙 추출수율이 낮아서 품질이 떨어진다고 하였는데, 본 연구에서는 질소 비료의 차이

Table 4. Quality characteristics of worts from domestic beer barley varieties cultivated under varying nitrogen fertilization application rates

Cultivar	Nitrogen fertilization	Filtration time (min/100 ml)	Extract yield (% , d-b)	Soluble solid content (% , W/W)	Color (EBC)
Kwang-maeg	50% increase	¹⁾ 45.7±2.0 ^{ab}	72.4±0.6 ^b	15.1±0.1 ^b	5.5±0.4 ^b
	standard	46.2±15.1 ^{ab}	72.9±1.5 ^b	15.1±0.1 ^b	6.2±0.5 ^{ab}
	50% decrease	34.4±5.0 ^b	73.6±0.9 ^b	15.2±0.1 ^b	6.1±1.6 ^{ab}
Hopum	50% increase	54.8±9.0 ^a	78.9±1.5 ^a	15.7±0.1 ^a	7.3±1.2 ^{ab}
	standard	60.0±0.0 ^a	79.3±0.4 ^a	15.8±0.1 ^a	8.1±1.3 ^a
	50% decrease	42.0±14.4 ^{ab}	78.9±0.7 ^a	15.7±0.1 ^a	8.4±1.5 ^a

¹⁾Values indicate the means of three replications.

a-b Different letters within the same column indicate significant differences (p<0.05).

보다는 품종간 단백질 함량의 차이에 의해 단백질 함량이 커서 품종간의 수율과 가용성 고형분 함량이 낮아졌다고 판단이 되며, 단백질 함량이 높은 품종이 수율이 낮았다. 즉, 광맥에 비하여 호품이 맥즙 추출율이 높게 측정되었으며, 광맥의 경우는 표준구보다 많이 준 증비구에서 맥즙 추출율이 높아지는 경향을 나타내었다.

Oh (1999)는 맥아품질을 향상시키기 위해서는 단백질함량, 곡피함량 및 β-glucan 함량은 낮추고 효소역가, 콜박지수 및 맥즙 추출율은 높일 수 있는 품종이나 재배기술을 농가에 보급해야 품질경쟁력 있는 맥주보리 원료를 생산할 수 있다고 하였다. 아울러 Kim & Kang (2002)은 단백질 함량이 높으면 보리의 분상질보다 초차질이 높아지므로 맥아를 가공하더라도 부드러워지지 않고 딱딱하여 맥아품질 및 당화품질 등 맥주수율에 좋지 않은 영향을 준다고 말하며 저단백 맥주보리 원료생산이 중요하다고 말하였다. 이는 맥아의 잘 부스러지는 특징을 가지는 Friability 결과로 나타날 수 있는데, 81% 이상이면 양호, 78-81% 보통, 75% 이하 일 때는 국제적으로 부족하다고 판단하고 있다. 실제로 본 연구에서 단백질 함량이 더 높았던 광맥의 경우 Friability가 상대적으로 단백질 함량이 낮은 호품에서는 우수하였으나, 50% 증비와 일반시비처리 시료에서 75% 미만으로 불량한 것으로 나타나, 낮은 당화수율 및 맥주 품질 저하의 요인으로 판단된다.

결론적으로 국내에서는 저단백 맥주보리 품종개발 및 생산기술개발을 통하여 맥즙 추출율이 80% 수준이면서 콜박지수 및 효소역가가 높은 원료를 공급해야 수입맥아와의 경쟁력을 갖출 수 있으며, 특히 중요한 것은 맥주보리 생산과정에서 단백질함량을 낮출 수 있는 질소 감비 재배기술을 개발하여 농가에 보급하면 고품질의 국산맥아 생산 및 소비촉진이 활성화 될 것으로 기대할 수 있다.

요 약

본 연구는 국산맥아 품질변화를 분석하기 위하여 국내 대표품종인 맥주용 광맥과 호품보리를 질소시비량(표준시비구, 50% 증비구, 50% 감비구)을 달리하여 재배한 원료에 대하여 품질변화를 분석하여 국산맥아 소비촉진을 위한 기초자료로 활용하고자 수행하였다. 질소시비량을 50% 감비하여 생산한 원료는 β-glucan 차이는 없었지만, 단백질이 감소하고 전분은 증가되어서 광맥 단백질은 증비구 15.5%, 감비구 14.1%로 감소하였고, 호품은 증비구 13.1%, 감비구 11.4%로 낮아져 품질이 향상되었다. 광맥의 전분함량은 증비구, 감비구 각각 51%, 52.6%, 호품도 57.0, 58.9%로 증가하여 품질이 좋아졌다. 맥아(malt) 품질은 신장도, 수율 및 효소역가는 증비구에서 높아졌고, 단백질은 광맥이 증비구 15.5%, 감비구 13.8%, 호품은 증비구 12.9%, 감비구 10.7%로 낮아졌고, Friability와 콜박지수는 감비구에서 품

질이 향상되었다. 맥즙(wort) 품질은 감비에서 여과시간이 광맥은 36분에서 34분으로, 호품은 55분에서 42분으로 단축되었고, 맥즙추출율은 높아져 맥주용 보리원료는 질소비료를 줄여서 재배해야 맥아-맥즙 품질향상에 좋은 영향을 주는 것으로 밝혀졌다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립식량과학원 농업과학기술사업(과제번호 PJ015057012020, PJ015057022022)의 지원에 의해 이루어진 것이며 이에 감사드립니다.

References

American Society of Brewing Chemists (ASBAC). 1992. Methods of analysis of A.S.B.C., 6th edn.

Cho JH, Ha YW, Min KS, Kim SH, Cho CH. 1996. Korea Breeding history of malting barley, OB beer co.

European Brewery Convention (EBC). 1985. Proceedings of the 20th congress.

Goblisch CA, Horsley RD, Schwarz PB. 1996. A strategy breed low-protein barley with acceptable kernel color and diastatic power. *Crop Sci.* 36: 41-44.

Grant KR, Brennan M, Hoad SP. (2021). The structure of the barley husk influences its resistance to mechanical stress. *Frontiers in Plant Sci.* 11, 614334.

Hong MY, Suh SJ, Back SB, Kang MS, Park KY. 1998. Rapid determination of barley β-glucan by NIRs (Near-infrared reflectance spectroscopy). *Korean J. Breeding* 30(s): 74-75.

Juliano BO. 1985. Polysaccharide, proteins, and lipids of rice. In *rice chemistry and technology*. The American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, MN, USA. pp. 59-120.

Jung C, Park C, Yeo S, Jo H, Noh B. 2015. *Brewing science*. Kwangmoonkag. co., Paju, Korea. pp. 101-107.

Kassie M, Tesfaye K. 2019. Malting barley grain quality and yield response to nitrogen fertilization in the Arsihighlands of Ethiopia. *J. Crop Sci. Biotech.* 22: 225-234.

Kaur A. 2020. Performance of barley (*Hordeumvulgare* L.) varieties for grain yield and malt quality at various nitrogen levels under saline water irrigation. Ph.D. Dissertation, Chaudhary Charan Singh, Haryana Agricultural University, Hisar, India.

Kaur A, Kaur R. 2022. Effect of different nitrogen levels on growth, yield, quality and nutrient uptake in malt barley (*Hordeum vulgare* L.): A review. *Pharma Innovation* 11(7): 2467-2475.

Kim GD. 2021. History of Korean brewing industry. *Quality Assurance, Oriental Brewery Co. Food Sci. Ind.* 53(2): 225-234.

Kim KB, Kang KH. 2002. Effect of high-production korean malting barley on malt quality. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34(3): 407-412.

Lee YT, Lee CK. 1994. Effects of varietal variation in barley on β-glucan and malting quality characteristics. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26(2): 172-177.

Manzanares P, Sendra JM, 1996. Determination of total(1-3)(1-4)-B-D-glucan in barley and malt flour samples. *J. Cereal Sci.* 23:

- 293-296.
- Oh SK. 1999. The method of quality progress and production on low protein and high quality in malting barley. *The Res. Extension* 40(8): 24-29.
- Oh SK, Hyeon JN, Suh DY, Suh SJ. 2003. Quality characters and identification of breeding materials in malting barley. *Korean J. Crop Sci.* 48(3): 184-190.
- Oh SK, Yoon Y, Park J, Kim Y, Lee J. 2019. Visit the field of craft beer industry. RDA NICS. Wanju, Korea.
- Oscarsson M, Andersson R, Salomonsson AC, Aman P. 1996. Chemical composition of barley samples focusing on dietary fiber component. *J. Cereal Sci.* 24: 161-170.
- Park J, Lee SK, Choi I, Choi HS, Kim N, Shin DS, Oh SK. 2019. Quality characteristics of rice wort and rice beer by rice processing. *Food Eng. Progress* 23(4): 290-296.
- Park J, Park HY, Choi HS, Sim EY, Song H, Kim HS, Oh SK. 2021. Pilot-scale malting and malt quality of "Hopum" for barley brewing classified by the size of the sorting body. Paper presented at the 2021 42nd International Symposium and Annual Meeting, The New Normal Era: Food Innovation and the Next, Muju Deogyusan Resort, South Korea, 89. http://www.kosfop.or.kr/data/21_kosfop_abstract.pdf.
- RDA. 2012. Standard for Research and Analysis of Agricultural Science and Technology. Rural Development Administration. Suwon, Korea. pp. 362-364.
- RDA. 2018. Agricultural Technology Guide 56, p. 61. RDA. Wanju, Korea. <http://www.nongsaro.go.kr/portal/ps/psb/psbx/cropEbookFileViewPop.ps?indexPage=61&indexBasePage=0&cropsEbookFileNo=00001&ebookCode=27>
- Shin HK, Kim YS, Bae SH, Kim ZU. 1980. Quality characteristics of Korean malt barley variation. *J. Korean Agric. Chem. Soc.* 23(3): 150-156.
- Takeda M, 1979. The method of quality analysis for variety development of malting barley. Tohigi Agricultural Experiment Station. pp 1-64.
- Vahamidis P, Stefopoulou A, Kotoulas V, Lyra D, Dercas D, Economou G. 2017. Yield, grain size, protein content and water use efficiency of null-LOX malt barley in a semi-arid Mediterranean agro ecosystem. *Field Crops Res.* 206: 115-127.
- Yousif AM, Evans DE. 2018. The impact of barley nitrogen fertilization rate on barley brewing using a commercial enzyme (Onda Pro). *J. Inst. Brew.* 124: 132-142.

Author information

박지영: 농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부
 김양길: 농촌진흥청 국립식량과학원
 박종호: 농촌진흥청 농촌인적자원개발센터
 최현철: 농촌진흥청 국립식량과학원
 오세관: 농촌진흥청 국립식량과학원