

## 국내 겉보리 이용 엿기름의 효소역가 및 이화학적 특성

이미자\* · 김양길 · 서우덕 · 최인덕<sup>1</sup> · 김현영 · 강현중 · 김선림

농촌진흥청 국립식량과학원 기초기반과, <sup>1</sup>농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 수확후이용과

### Diastatic Power and Chemical Composition in Malted Barley Prepared with Korean Covered Barley

Mi-Ja Lee\*, Yang-Kil Kim, Woo-Duck Suh, Induck Choi<sup>1</sup>, Hyun-Young Kim, Hyun-Joong Kang, and Sun-Lim Kim

Crop Foundation Division National Institute of Crop Science, NICS, RDA

<sup>1</sup>Post-harvest Technology Division National Institute of Crop Science, NICS, RDA

#### Abstract

Twenty four covered barley cultivars of Korea and subsequently produced malts were evaluated for quality characteristics, diastatic power (DP), and enzymatic activity. Protein, amylase, starch and  $\beta$ -glucan content of covered barley cultivars were 8.2-12.8%, 4.2-19.1%, 47.9-59.7%, and 4.1-7.4%, respectively. The DP of malt during malting showed a maximum value in Day 4, when the bud length was 2.0-2.5 times longer than the length of the grain itself.  $\alpha$ -Amylase activity was very low but increased significantly after Day 4, showing greatest activity on Day 6 (185.5-206.1 unit/g).  $\beta$ -Amylase activity increased as the malting progressed and a considerable amount was detected in barley grain on Day 6 (898.6-1591.6 unit/g). The potential diastatic power (PDP) of various cultivar grains ranged from 89.7 °L to 169.3 °L. The PDP of raw barley had strong correlation with  $\beta$ -amylase of raw barley ( $r=0.977$ ,  $p<0.001$ ) while the DP of malted barley was also correlated with the  $\beta$ -amylase activity of raw barley ( $r=0.654$ ,  $p<0.001$ ). Since the PDP of raw barley and the DP of malted barley are correlated ( $r=0.644$ ,  $p<0.001$ ), the PDP and  $\beta$ -amylase activity of raw barley are useful factors in predicting the DP of malted barley.

**Key words:** malted barley, diastatic power,  $\alpha$ -amylase,  $\beta$ -amylase,  $\beta$ -glucan

## 서 론

보리는 1970년대에는 쌀과 더불어 우리 민족의 주식으로서 큰 몫을 차지하면서 농가 소득증대는 물론 농지 이용률 제고에도 크게 기여하여 왔으나, 1980년대에 들어서면서 국민의 식량소비구조가 변화됨에 따라 식용으로서의 보리소비는 줄어든 반면 보리의 성인병 예방 및 기능성 등이 재평가되면서 보리를 이용한 다양한 가공제품 개발연구가 이루어지고 있다(Lee & Lee, 2004; Arndt, 2006; Choi & Lee, 2011; Lee et al. 2013). 최근에는 보리 엿기름을 사용하는 가공제품 중 전통음료인 식혜 제품이 현대인의 기호에 맞게 상업적으로 제조되면서 시장이 급성장하였으며 산업적인 공정개발이 확립되어 있다.

보리에 수분을 가해 싹을 틔운 엿기름에는 전분분해효소인  $\alpha$ -amylase,  $\beta$ -amylase, glucoamylase 등이 있으며,  $\alpha$ -amylase 는 전분의  $\alpha$ -1,4-결합을 무작위적으로 가수분해시키는 효소로 휴지상태의 보리에는 존재하지 않으나 발아시에 생성된다고 한다(Suh et al., 1983). 또한 보리가 발아할 때 배에서 gibberellin 유사물질이 생성되어 배유에 이송되면서  $\alpha$ -amylase 및  $\beta$ -amylase의 활성화 및 생성을 촉진시킨다고 하였다(Varner, 1964). 이 때 일부는 잠재형 zymogen  $\beta$ -amylase로 존재하며, 이들은 덩어리로 묶여있기 때문에 효소로서 작용하지 못하지만 발아, 싹을 틔우는 과정을 통하여 각 효소 사이를 묶고 있던 결합이 절단되면 그때에 비로소 효소로서 작용하게 된다(Lee & Lee, 2004). 이렇게 만들어진 엿기름을 전분에 작용시켜 제조한 것이 우리나라 고유 청량음료인 식혜이다. 식혜는 엿기름 분말을 물로 추출하고 쌀로 지은 밥을 엿기름추출물에 넣어 적당한 온도로 유지하면 엿기름 중의 amylase에 의하여 당화작용이 일어나 maltose, glucose 등의 감미와 특유의 풍미가 생성된다(Moon & Cho, 1978). 그러므로 식혜 제조에 큰 영향을 미치는 전분의 당화에 관여하는 효소인 amylase 활성화는 매

\*Corresponding author: Mi-Ja Lee, Crop Foundation Division National Institute of Crop Science, NICS, RDA, Wanju-Gun, Jeollabuk-do 565-851, Korea

Tel.: +82-63-238-5332; Fax: +82-63-238-5305

E-mail: esilvia@korea.kr

Received September 4, 2015; revised January 11, 2016; accepted November 8, 2015

우 중요하다. 엿기름에 관한 연구는 엿기름의 발아온도와 엿기름의 잎눈길이에 따른 amylase의 역가(Cho, 1990), 엿기름의 침수시간에 따른 당화력의 차이(Cho, 1983; Suh et al., 1997) 전통식혜 제조 및 인삼첨가 식혜(Hur, 2007) 등에 관한 연구가 진행되어 있다. 전통적으로 엿기름은 주로 겉보리를 사용하였으며(Suh et al., 1997), 현재까지 국내에서 개발된 겉보리 품종은 30여 개에 이르고 있으나 다양한 겉보리의 품종별 특성이 엿기름의 당화력에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 연구는 미흡한 상태이며 당화용 보리의 품종 선발에 적절한 기준이 없는 상태이다.

본 연구에서는 엿기름의 품질 특성 중 전분의 당화에 관여하는 엿기름의 효소역가를 증진시키기 위해 품종별 발아 시기에 따른 엿기름 효소역가 변화를 조사하였으며, 국내산 겉보리 품종들의 곡실과 엿기름에서의 amylase 활성 및 효소역가의 상관관계를 조사함으로써 신속하게 품질을 검정할 수 있는 방법을 개발하여 엿기름 품질 향상 및 품종 선발을 위한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료 및 시약

본 실험에 사용한 보리(*Hordeum vulgare* L.)는 국립식량과학원 벼맥류부에서 2014년에 생산된 6조 찰성과 메성 겉보리 품종들로 특성은 Table 1과 같다.

보리의 이화학적 특성 및 엿기름 분석은 0.2 mm체가 장착된 Retsch centrifugal mill (Zm 100, Retsch GmbH & Co., Haan, Germany)을 이용하여 분쇄한 분말을 사용하였다. Megazyme  $\beta$ -glucan assay kit와 전분분석을 위한 total starch assay kit,  $\alpha$ -amylase와  $\beta$ -amylase assay kit는 Megazyme Co. (Bray, Wicklow, Ireland)에서 구입하였으며, 그 외 모든 시약은 1급 이상 시약을 사용하였다.

### 엿기름 제조

엿기름은 보리를 24시간 침맥하여  $15\pm 1^\circ\text{C}$ 의 발아상에서 6일간 발아시켰으며, 발아 중 1일 2회 살수하여 수분을 유지하였다. 발아 후 시료를 꺼내 동결건조기로 건조하였으며 분쇄하여 분석에 사용하였다.

### 이화학적 성분 분석

본 실험에 사용한 보리 원맥의 수분함량은  $110^\circ\text{C}$  상압가열건조법으로 측정하였고, 조단백질은 Elementar Analyzer System (Vario MACRO, Hanau, Germany)을 이용하여 측정하였으며, 아밀로스 함량은 Juliano (1985) 방법을 이용한 비색법으로 분석하였다. 간략하게 설명하면 시료를 100 mg씩 각각 용량플라스크에 넣은 후 95% ethanol 1 mL로 분산시킨 다음 1 N NaOH 9 mL를 가하고  $100^\circ\text{C}$  수조에서 10분간 가열하여 완전히 호화시켰다. 호화된 시료를 상

온에서 방랭한 후 증류수로 100 mL를 채운 후 잘 섞어 주었다. 시료용액 5 mL를 취하여 100 mL 플라스크에 넣고 1 N acetic acid 1 mL와 0.27% 요오도드용액 2 mL를 가한 후 증류수로 채워 잘 흔들어주고 실온에서 20분간 방치한 후 620 nm에서 흡광도를 측정하였다.

$\beta$ -glucan 함량은 McCleary 방법을 응용한 Megazyme  $\beta$ -glucan assay kit를 이용하여 분석(McCleary et al., 1991)하였으며, 전분함량은 total starch Megazyme assay kit를 이용하여 510 nm에서의 흡광도로 분석하였다(McCleary et al., 1994). 천립중은 곡립 천개에 해당하는 무게를 측정하였다.

### 당화력(Diastatic Power)

원맥 및 엿기름의 당화력은 AACCC방법 22-16 (1983)에 준하여 측정하였다. 분쇄한 원맥과 엿기름 시료 1.25 g을 플라스크에 넣고 0.5% NaCl용액 50 mL를 첨가하고  $20^\circ\text{C}$ 로 유지된 항온수조에서 2.5시간 동안 20분 간격으로 교반하여 추출한 다음 여과하였다. 여과액 10 mL에 0.5% NaCl 40 mL를 첨가하여 묽은 원맥 및 엿기름 추출액을 만들었다. 묽은 원맥 및 엿기름 추출액 2.5 mL에 2% 전분용액 40 mL를 첨가한 후  $20^\circ\text{C}$ 에서 30분간 반응시킨다. 0.5 N NaOH 용액 5 mL를 첨가한 후 교반하고 증류수 2.5 mL를 첨가하였다. 엿기름 추출물에 의해 분해된 전분용액 2.5 mL를 취해 5 mL alkaline ferricyanide 시약을 첨가하여 반응시키고 요오드 적정법에 의해 0.05 N sodium thiosulfate 용액으로 적정하여 당화력을 계산하였다.

### $\beta$ -Amylase 활성 측정

$\beta$ -Amylase 활성은  $\beta$ -amylase assay kit를 사용하여 McCleary & Code (1989)의 Betamyl 방법으로 측정하였다. 0.5 g 시료에 5.0 mL 추출 buffer를 넣고  $20^\circ\text{C}$ 에서 1시간 동안 효소를 추출하고 원심분리( $1,000\times g$ , 10분)하여 추출액을 분리하였다. PNPG5 (*p*-nitrophenyl maltopentaoside)를 포함하는 기질용액 0.2 mL를 튜브에 넣고 효소추출액 0.2 mL를 첨가한 후  $40^\circ\text{C}$ 에서 10분간 반응시켰으며 3.0 mL의 1% (w/v) Trizma base (pH 8.5)을 넣고 튜브 내용물을 넣고 섞어 반응을 종결시켰다. 반응 후 생성된 *p*-nitrophenol에 의한 색의 발현은  $\beta$ -amylase에 의한 maltose의 생성속도와 직접적인 관련이 있으며 이에 따른 반응 내용물의 흡광도를 410 nm에서 측정하였다. 1 unit의 효소활성은 1분 동안 PNPG5로부터 1  $\mu\text{M}$  *p*-nitrophenol을 생성하는데 필요로 하는 효소의 양으로 표시하였다.

### $\alpha$ -Amylase 활성 측정

$\alpha$ -Amylase 활성은  $\alpha$ -amylase assay kit를 사용하여 McCleary & Sheehan (1987)의 Ceralpha 방법으로 측정하였다. 엿기름 0.5 g을 100 mL 정용 플라스크에 넣고 1%

sodium chloride, 0.02% calcium chloride, 0.02% sodium azide 용액으로 정용하여 20°C에서 15분동안 효소를 추출한 후 원심분리(1,000×g, 10분)하였다. BPNPG (blocked *p*-nitrophenyl maltoheptaoside)을 포함하는  $\alpha$ -amylase 기질용액 0.2 mL를 테스트 튜브에 넣고 희석된 효소 추출물 0.2 mL를 첨가하여 40°C에서 10분간 반응시켰으며 반응 후 생성된 *p*-nitrophenol의 흡광도를 410 nm에서 측정하였다. 1 unit의 효소활성은 1분동안 BPNPG7으로부터 1  $\mu$ M *p*-nitrophenol을 생성하는데 필요로 하는 효소의 양으로 표시하였다.

### 통계처리

실험결과는 mean $\pm$ SD로 표기하였으며 SAS Enterprise Guide 4.0 (Statistical analysis system, Cray, NC, USA)을 이용하여 일원분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 각 측정값 간의 유의적인 차이는 Duncan's multiple range test로 유의수준 5% ( $p < 0.05$ )에서 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 국내산 겉보리의 일반성분

엿기름제조실험에 이용한 겉보리는 국내에서 개발된 25

개 품종으로 서둔찰보리와 찰보리는 찰성 품종이며, 나머지 품종들은 모두 6조, 메성보리 품종들이었으며, 보리 원맥의 이화학적 특성은 Table 1에 나타내었다. 겉보리 품종들 원맥의 단백질 함량은 8.2-12.8%이었으며 새올보리가 가장 높았고 건강보리가 가장 낮은 단백질 함량을 나타내었다. 맥주맥의 경우 단백질은 여과에 많은 영향을 미치는 성분으로 매우 중요한 품질요건이며 단백질 함량이 높으면 추출 수율이 낮고 맥14주 제조 후에 혼탁을 야기시켜 바람직하지 못한 반면 수용성 단백질 함량과 효소여가가 높은 것으로 알려져 있다(Lee, 1989). 품종별 아밀로스 함량은 4.2-19.1%였으며 건강보리가 가장 높았고, 찰보리와 서둔찰보리가 낮은 아밀로스 함량을 나타내었다. 곡피율(husk ratio)은 7.4-14.0%로 찰보리가 가장 높았으며 대연보리가 가장 낮았다. 천립중(test weight)은 27.1-39.6 g으로 큰알보리가 가장 무거웠으며, 다음으로 큰알보리 1호가 무거웠고 알찬보리가 가장 가벼웠다. 베타글루칸 함량은 4.1-7.4%로 서둔찰보리가 가장 높았고 건강보리가 가장 낮은 베타글루칸 함량을 나타내었다. 총 전분함량은 47.9-59.7%이었으며 건강보리가 가장 높았고 찰보리가 가장 낮은 전분함량을 나타내었다. Lee et al. (2011)의 연구보고에 따르면 찰성보리가 메성보리보다 베타글루칸 함량이 높다고 보고하였는

**Table 1. Grain characteristics of covered barley cultivars**

Cultivars	Characteristics	Test weight (g)	Husk ratio (%)	Protein (%)	Amylose (%)	$\beta$ -Glucan (%)	Starch (%)
Ol	Normal starch, 6-rowed	34.8 $\pm$ 1.73	7.93	10.9 $\pm$ 0.45 <sup>bcdef</sup>	17.1 $\pm$ 0.40 <sup>f</sup>	5.5 $\pm$ 0.28 <sup>defg</sup>	58.0 $\pm$ 2.31 <sup>ab</sup>
Nagyeoung	Normal starch, 6-rowed	36.3 $\pm$ 1.01	10.23	10.0 $\pm$ 0.01 <sup>ef</sup>	17.3 $\pm$ 0.26 <sup>def</sup>	5.3 $\pm$ 0.00 <sup>befg</sup>	56.3 $\pm$ 2.57 <sup>abc</sup>
Seodunchal	Low amylose starch (waxy), 6-rowed	31.2 $\pm$ 0.38	8.39	10.8 $\pm$ 0.25 <sup>bcde</sup>	4.5 $\pm$ 0.15 <sup>h</sup>	7.4 $\pm$ 0.16 <sup>a</sup>	56.9 $\pm$ 1.34 <sup>ab</sup>
Daeyeon	Normal starch, 6-rowed	34.9 $\pm$ 0.42	7.38	9.9 $\pm$ 0.61 <sup>def</sup>	18.0 $\pm$ 0.12 <sup>c</sup>	5.2 $\pm$ 0.29 <sup>hg</sup>	54.8 $\pm$ 2.14 <sup>ab</sup>
Daebaeg	Normal starch, 6-rowed	28.7 $\pm$ 3.90	8.80	9.8 $\pm$ 1.08 <sup>bcde</sup>	17.1 $\pm$ 0.25 <sup>ef</sup>	4.4 $\pm$ 0.23 <sup>kl</sup>	57.8 $\pm$ 1.87 <sup>ab</sup>
Mirag	Normal starch, 6-rowed	31.5 $\pm$ 2.18	8.51	9.9 $\pm$ 0.52 <sup>ef</sup>	17.5 $\pm$ 0.32 <sup>cdef</sup>	4.7 $\pm$ 0.15 <sup>kij</sup>	57.9 $\pm$ 0.50 <sup>ab</sup>
Keunal	Normal starch, 6-rowed	39.6 $\pm$ 3.46	8.61	10.2 $\pm$ 1.28 <sup>bcde</sup>	16.6 $\pm$ 0.23 <sup>g</sup>	5.7 $\pm$ 0.25 <sup>de</sup>	55.3 $\pm$ 0.77 <sup>abc</sup>
Sanglog	Normal starch, 6-rowed	31.5 $\pm$ 4.48	9.91	11.4 $\pm$ 0.09 <sup>abcde</sup>	17.4 $\pm$ 0.32 <sup>cdef</sup>	4.7 $\pm$ 0.13 <sup>kij</sup>	56.4 $\pm$ 1.12 <sup>abc</sup>
Daegin	Normal starch, 6-rowed	30.3 $\pm$ 0.13	9.45	9.4 $\pm$ 1.29 <sup>ef</sup>	17.7 $\pm$ 0.45 <sup>cd</sup>	4.6 $\pm$ 0.27 <sup>kj</sup>	59.7 $\pm$ 4.14 <sup>ab</sup>
Saeol	Normal starch, 6-rowed	31.5 $\pm$ 2.76	8.63	9.9 $\pm$ 0.54 <sup>ef</sup>	17.7 $\pm$ 0.12 <sup>cde</sup>	4.3 $\pm$ 0.03 <sup>kl</sup>	57.5 $\pm$ 0.46 <sup>a</sup>
Keunalbori 1	Normal starch, 6-rowed	35.0 $\pm$ 1.61	7.55	10.0 $\pm$ 0.38 <sup>ef</sup>	17.7 $\pm$ 0.29 <sup>cd</sup>	5.3 $\pm$ 0.14 <sup>hgf</sup>	58.5 $\pm$ 1.39 <sup>ab</sup>
Geungang	Normal starch, 6-rowed	28.2 $\pm$ 4.02	9.31	8.2 $\pm$ 1.16 <sup>f</sup>	19.1 $\pm$ 0.14 <sup>a</sup>	4.1 $\pm$ 0.11 <sup>l</sup>	59.7 $\pm$ 2.05 <sup>a</sup>
Taepyeong	Normal starch, 6-rowed	32.9 $\pm$ 2.00	10.92	11.5 $\pm$ 0.49 <sup>bcde</sup>	17.6 $\pm$ 0.01 <sup>cdef</sup>	5.7 $\pm$ 0.28 <sup>def</sup>	56.5 $\pm$ 0.28 <sup>ab</sup>
Kang	Normal starch, 6-rowed	30.9 $\pm$ 2.77	8.09	11.1 $\pm$ 0.18 <sup>bcde</sup>	17.8 $\pm$ 0.02 <sup>cd</sup>	4.4 $\pm$ 0.11 <sup>kl</sup>	57.3 $\pm$ 0.12 <sup>ab</sup>
Tapgol	Normal starch, 6-rowed	28.2 $\pm$ 1.09	9.37	10.6 $\pm$ 0.46 <sup>ef</sup>	17.5 $\pm$ 0.02 <sup>cdef</sup>	5.3 $\pm$ 0.02 <sup>efgh</sup>	56.6 $\pm$ 0.45 <sup>ab</sup>
Saeol	Normal starch, 6-rowed	35.6 $\pm$ 1.55	9.82	12.8 $\pm$ 1.06 <sup>abc</sup>	17.7 $\pm$ 0.18 <sup>cd</sup>	4.4 $\pm$ 0.14 <sup>kl</sup>	55.9 $\pm$ 0.55 <sup>ab</sup>
Chal	Low amylose starch (waxy), 6-rowed	29.0 $\pm$ 4.35	13.98	12.0 $\pm$ 0.00 <sup>abcd</sup>	4.2 $\pm$ 0.06 <sup>h</sup>	7.3 $\pm$ 0.18 <sup>ba</sup>	47.9 $\pm$ 2.60 <sup>d</sup>
Saekang	Normal starch, 6-rowed	30.9 $\pm$ 0.50	11.33	11.1 $\pm$ 0.38 <sup>bcde</sup>	17.6 $\pm$ 0.62 <sup>cdef</sup>	5.0 $\pm$ 0.04 <sup>hi</sup>	54.6 $\pm$ 0.93 <sup>abc</sup>
Al	Normal starch, 6-rowed	32.1 $\pm$ 2.63	12.58	10.4 $\pm$ 0.21 <sup>bcdef</sup>	17.3 $\pm$ 0.01 <sup>def</sup>	4.4 $\pm$ 0.28 <sup>kl</sup>	55.1 $\pm$ 1.34 <sup>ab</sup>
Oweol	Normal starch, 6-rowed	32.6 $\pm$ 0.27	9.99	11.9 $\pm$ 0.34 <sup>ab</sup>	17.3 $\pm$ 0.02 <sup>def</sup>	4.9 $\pm$ 0.08 <sup>hij</sup>	52.2 $\pm$ 2.07 <sup>b-c</sup>
Alchan	Normal starch, 6-rowed	27.1 $\pm$ 3.01	13.23	12.4 $\pm$ 0.53 <sup>a</sup>	16.2 $\pm$ 0.12 <sup>g</sup>	6.2 $\pm$ 0.25 <sup>c</sup>	50.5 $\pm$ 1.99 <sup>cd</sup>
Paldo	Normal starch, 6-rowed	33.3 $\pm$ 1.01	11.59	11.0 $\pm$ 0.72 <sup>abcde</sup>	17.7 $\pm$ 0.04 <sup>cde</sup>	6.0 $\pm$ 0.02 <sup>dc</sup>	55.2 $\pm$ 0.20 <sup>abc</sup>
Milyangket	Normal starch, 6-rowed	29.3 $\pm$ 1.64	12.17	10.1 $\pm$ 1.05 <sup>bcde</sup>	18.5 $\pm$ 0.25 <sup>b</sup>	5.3 $\pm$ 0.18 <sup>efgh</sup>	57.4 $\pm$ 2.04 <sup>ab</sup>
Taegang	Normal starch, 6-rowed	32.1 $\pm$ 0.19	10.40	10.3 $\pm$ 0.39 <sup>bcdef</sup>	18.9 $\pm$ 0.10 <sup>ba</sup>	5.9 $\pm$ 0.28 <sup>cd</sup>	55.4 $\pm$ 1.22 <sup>ab</sup>
Gwangan	Normal starch, 6-rowed	32.6 $\pm$ 1.24	11.43	10.8 $\pm$ 0.34 <sup>cdef</sup>	17.7 $\pm$ 0.18 <sup>cde</sup>	7.0 $\pm$ 0.08 <sup>ba</sup>	54.7 $\pm$ 0.00 <sup>abc</sup>

The values indicate the mean $\pm$ SD of triplicates.

The different superscripts in the same column mean significantly different at  $p < 0.05$ .

데 본 연구에서도 찰성겉보리 품종인 서둔찰보리와 찰보리에서 높은 베타글루칸 함량을 나타내었다.

초엽길이와 발아기간에 따른 엿기름 품질특성

엿기름의 발아조건을 자세히 검토하기 위해서 보리 품종들 중 4품종(올보리, 오월보리, 탑골보리, 건강보리)을 선정하였다. 올보리는 품종개발시 사용되는 표준품종이며 다른 품종들은 일반성분 분석결과 전분과 베타글루칸 함량 등을 고려하여 선정하였으며, 엿기름 제조시 엿기름의 초엽길이에 따른 효소역가를 조사하였다. 엿기름 품질 중 가장 중요한 인자는 당화에 관여하는 효소역가로 전분을 분해하는데 관여하는 모든 효소를 총칭하며 당화력(diastatic power)이라 한다. 여기서 효소는  $\alpha$ -amylase와  $\beta$ -amylase를 말한다. 엿기름의 DP는 초엽의 길이가 증가함에 따라 서서히 증가하여 길이가 곡립길이의 2.0-2.5배가 될 때 최대값을 나타내었으며 그 이후에는 서서히 감소하였다(Fig. 1). DP는 품종에 따라 차이가 있었으며, 오월보리가 가장 높은 DP를 나타내었고 다음은 탑골보리가 높았으며 올보리와 건강보리는 비슷한 경향을 나타내었다.

발아기간에 따른  $\alpha$ -amylase와  $\beta$ -amylase 활성을 조사한 결과는 Fig. 2와 같았다.  $\alpha$ -amylase 활성은 발아 4일까지는 아주 적었으나(2.7-6.6 unit/g), 그 이후에는 급격히 증가하여 발아 6일에는 185.5-206.1 unit/g이었다(Fig. 2-A). 발아전의 보리곡립에는  $\alpha$ -amylase 활성이 거의 없으나 발아가 진행됨에 따라 증가하는 추세를 나타내었다고 Lee et al. (1999)이 보고하였는데 본 연구결과도 이와 비슷한 경향을 나타내었다. Kim et al. (1985)은  $\alpha$ -amylase 활성이 18°C에서 발아일수가 경과함에 따라 발아 3일까지는 급격한 증가를 나타내었으며 5일까지는 계속 증가하다가 그 이후부터는 점차 감소한다고 하였다. 본 연구결과는 발아 4일부터 급격한 증가를 보였는데 이는 발아 온도가 15°C로 효소역가가 18°C에 비해 낮았기 때문으로 생각되며 이는 발아온

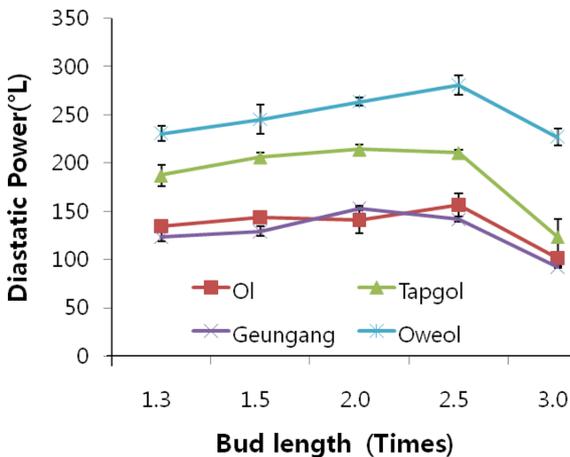


Fig. 1. Diastatic power of malted barley according to various length of bud.

도에 따른  $\alpha$ -amylase 활성을 조사한 Lee & Mok (1999)의 결과와 같이 15°C에서는 18°C, 21°C에 비해 효소역가가 낮아서 4일부터 급격한 효소역가 증가를 나타낸 것으로 생각된다.

$\beta$ -Amylase는 전분을 당으로 분해하는 역할을 하는데  $\alpha$ -amylase와는 달리 미발아 곡립에서 amylolytic 활성에 주요한 역할을 한다. 이는 대부분의 가수분해 효소들이 발아와 함께 호분층과 scutellum에서 합성되는 반면에  $\beta$ -amylase는 곡립이 성숙하는 동안 배유부위에서 합성되는데 기인하기 때문이다(Fincher & Stone, 1992).  $\beta$ -Amylase는 초기 원맥에서 상당한 활성이 있어 초기에는 222.5-945.6 unit/g이었으며 발아가 진행됨에 따라 증가하여 898.6-1,591.9 unit/g으로 6일에서 높은 활성을 가지는 것으로 나타났다(Fig. 2-B). 품종별  $\beta$ -amylase 활성은 비슷한 경향을 나타내었으며 오월보리가 가장 높은  $\beta$ -amylase 활성을 나타내었고, 건강보리가 가장 낮았다.

겉보리 원맥과 엿기름의 품질특성

국내산 겉보리 품종들에 대하여 품종별 원맥과 엿기름의 당화력(DP) 및 효소역가를 분석하였으며 결과는 Table 2와 같다. 원맥의 잠재적 당화력(PDP)는 89.7-169.3 °L으로 품종에 따라 큰 차이를 나타내었다. 오월보리가 가장 높은 PDP를 나타내었으며 건강보리가 가장 낮은 PDP를 나타내었다. 엿기름의 DP를 분석한 결과 154.7-263.5 °L로 원맥의 PDP와 같은 경향을 나타내었다. 즉, 오월보리 엿기름이 가

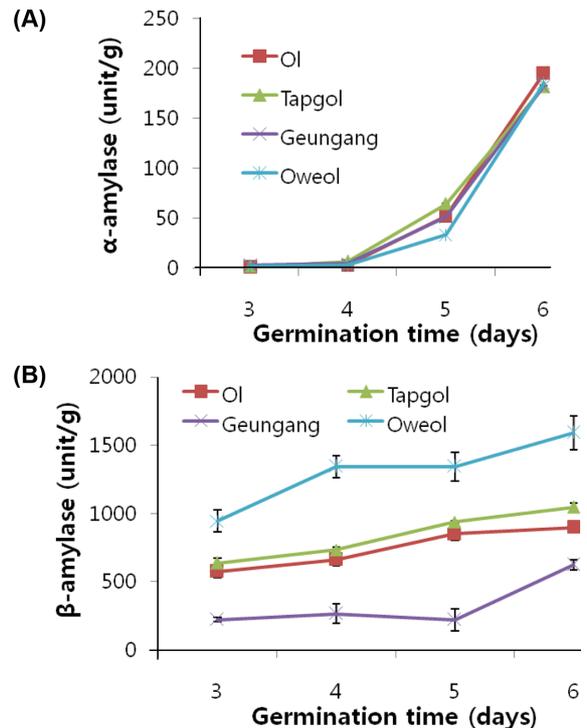


Fig. 2.  $\alpha$ -Amylase activity (A) and  $\beta$ -amylase activity (B) of malted barley according to germination time.

**Table 2. Characteristics of grain and malted barley cultivars**

Cultivars	Potential diastatic power (°L)	Diastatic power (°L)	$\beta$ -amylase of grain (unit/g)	Yield (%)	Germination rate (%)
Ol	110.4±3.25 <sup>defg</sup>	176.5±1.22 <sup>h</sup>	898.6±43.91 <sup>ghi</sup>	85.5	95.3
Nagyeoung	116.2±0.00 <sup>cde</sup>	184.0±2.03 <sup>g</sup>	976.7±13.95 <sup>efg</sup>	84.5	96.1
Seodunchal	97.8±3.25 <sup>fgh</sup>	172.5±2.44 <sup>l</sup>	659.0±7.89 <sup>j</sup>	86.5	89.8
Daeyeon	107.0±16.26 <sup>efg</sup>	185.7±1.63 <sup>d</sup>	842.6±23.53 <sup>i</sup>	83.8	94.5
Daebaeg	133.7±10.98 <sup>bc</sup>	219.1±2.44 <sup>f</sup>	1,109.4±15.42 <sup>c</sup>	84.2	93.0
Mirag	120.5±15.86 <sup>cde</sup>	219.1±1.63 <sup>d</sup>	949.6±53.26 <sup>efgh</sup>	84.9	91.8
Keunal	115.6±3.25 <sup>dc</sup>	208.2±2.03 <sup>c</sup>	920.8±23.15 <sup>ghi</sup>	87.6	95.0
Sanglog	140.0±3.66 <sup>b</sup>	235.2±0.81 <sup>i</sup>	1,268.2±21.58 <sup>b</sup>	85.2	93.9
Daegin	95.5±10.57 <sup>gh</sup>	170.2±4.47 <sup>ji</sup>	679.9±43.82 <sup>j</sup>	84.2	96.2
Saeal	119.0±8.94 <sup>cde</sup>	211.0±1.22 <sup>e</sup>	1,094.1±88.49 <sup>c</sup>	84.9	96.2
Keunalbori 1	114.1±2.03 <sup>def</sup>	178.8±2.44 <sup>f</sup>	960.4±46.36 <sup>efgh</sup>	84.2	94.4
Geungang	89.7±3.25 <sup>h</sup>	154.7±0.81 <sup>ijk</sup>	625.9±109.46 <sup>j</sup>	83.0	88.6
Taepyeong	122.2±12.60 <sup>cde</sup>	197.8±0.00 <sup>k</sup>	1,036.6±29.93 <sup>cdef</sup>	82.5	98.4
Kang	126.5±1.63 <sup>bcd</sup>	197.2±2.03 <sup>e</sup>	1,072.5±14.89 <sup>cd</sup>	80.7	95.5
Tapgol	119.0±5.69 <sup>cde</sup>	205.9±2.03 <sup>bc</sup>	1,047.8±22.93 <sup>cde</sup>	85.3	93.9
Saeol	96.9±3.66 <sup>fgh</sup>	161.6±1.63 <sup>ijk</sup>	627.8±4.14 <sup>j</sup>	81.1	98.1
Chal	94.9±2.44 <sup>gh</sup>	155.8±0.41 <sup>m</sup>	623.9±54.57 <sup>j</sup>	83.3	93.9
Saekang	117.9±3.25 <sup>cde</sup>	207.6±0.41 <sup>a</sup>	992.0±28.98 <sup>defg</sup>	83.0	96.2
Al	126.5±0.81 <sup>bcd</sup>	222.5±1.63 <sup>a</sup>	1,073.5±1.57 <sup>cd</sup>	86.2	93.7
Oweol	169.3±0.41 <sup>a</sup>	263.5±0.41 <sup>f</sup>	1,591.9±22.16 <sup>a</sup>	80.3	94.1
Alchan	113.3±10.57 <sup>def</sup>	210.5±1.22 <sup>b</sup>	974.7±59.69 <sup>efg</sup>	86.1	95.7
Paldo	120.5±3.66 <sup>ced</sup>	173.7±1.22 <sup>g</sup>	959.3±44.30 <sup>efgh</sup>	85.7	92.5
Milyangket	121.9±7.32 <sup>ced</sup>	228.9±0.41 <sup>i</sup>	947.2±0.69 <sup>fgh</sup>	82.9	94.2
Taegang	109.0±6.10 <sup>defg</sup>	164.5±2.03 <sup>jk</sup>	866.7±18.58 <sup>hi</sup>	83.4	96.2

The values indicate the mean±SD of triplicates.

The different superscripts in the same column mean significantly different at  $p<0.05$ .

장 높은 DP를 나타내었으며, 건강보리 엿기름이 가장 낮은 DP를 나타내었다.

국내 겉보리 품종 원맥의  $\beta$ -amylase 활성은 품종별로 유의적인 차이를 나타내었으며, 623.9-1591.9 unit/g 범위였다. 품종들 중에서는 오월보리가 가장 높은 효소역가를 나타내었고, 찰보리가 가장 낮은 효소역가를 나타내었다.

엿기름 수율은 80.3-87.6%로 큰알보리가 가장 높은 엿기름 수율을 나타내었고 오월보리가 가장 낮은 수율을 나타내었다.

보리의 발아능력은 엿기름 제조에 필수적인 것으로 본 연구에 사용한 겉보리 품종들의 발아율 측정 결과 발아율은 88.6-98.4%로 서둔찰과 건강보리를 제외하고는 거의 90% 이상의 발아율을 나타내었다.

#### 원맥의 품질특성과 엿기름 당화력과의 상관관계

식혜의 품질은 전분질이 엿기름의 당화효소로 인해 분해된 maltose 등 당류에 주로 기인하여 특유의 풍미를 제공하기 때문에 엿기름의 당화력이 매우 중요시되고 있으며 이에 따른 고품질의 엿기름 공급이 요구되고 있는 실정이다. 그러므로 당화력이 좋은 엿기름을 선별하고 예측할 수 있는 품질 요인을 알아보기 위하여 엿기름 당화력과 원맥

의 품질 특성과의 상관관계를 조사하였다. 겉보리의 전분 함량은 곡피율 및 단백질 함량과 음의 상관관계를 나타내었다(Table 3). Lee (1989)는 맥주보리에서 수용성 단백질 함량이 높으면 효소역가가 높아 엿기름 제조에 긍정적이라고 하였으나 본 연구에서 분석한 겉보리의 경우에는 단백질 함량과 원맥 효소역가와는 높은 상관관계를 나타내지 않았다. 그 외 다른 원맥의 성분들도 엿기름의 당화력과 유의적인 상관관계를 보이지는 않았다.

전분의 당화력에 영향을 미치는 요인을 알아보기 위하여 원맥과 엿기름의 효소역가와 아밀라제 활성과의 상관성을 알아보았다(Fig. 3). 원맥의 PDP는 원맥의  $\beta$ -amylase 활성과 매우 높은 정의 상관관계( $r=0.977$ ,  $p<0.0001$ )를 나타내었으며(Fig. 3-A). 엿기름의 당화력과 원맥의  $\beta$ -amylase 활성은 정의 상관관계( $r=0.654$ ,  $p<0.001$ )를 보여(Fig. 3-B),  $\beta$ -amylase 활성이 당화력에 직접적으로 관여하는 매우 중요한 인자인 것으로 확인되었다. 또한, 원맥의 PDP는 엿기름의 DP와 정의 상관관계( $r=0.644$ ,  $p<0.001$ )를 가지는 것으로 나타났다(Fig. 3-C). 본 연구결과는 Lee et al. (1999)이 엿기름의 당화력과 amylase 활성과의 상관관계를 분석했을 때 당화력은  $\beta$ -amylase 활성과 높은 상관관계를 가진다고 보고한 것과 유사한 경향을 보였다. Gibson et al.

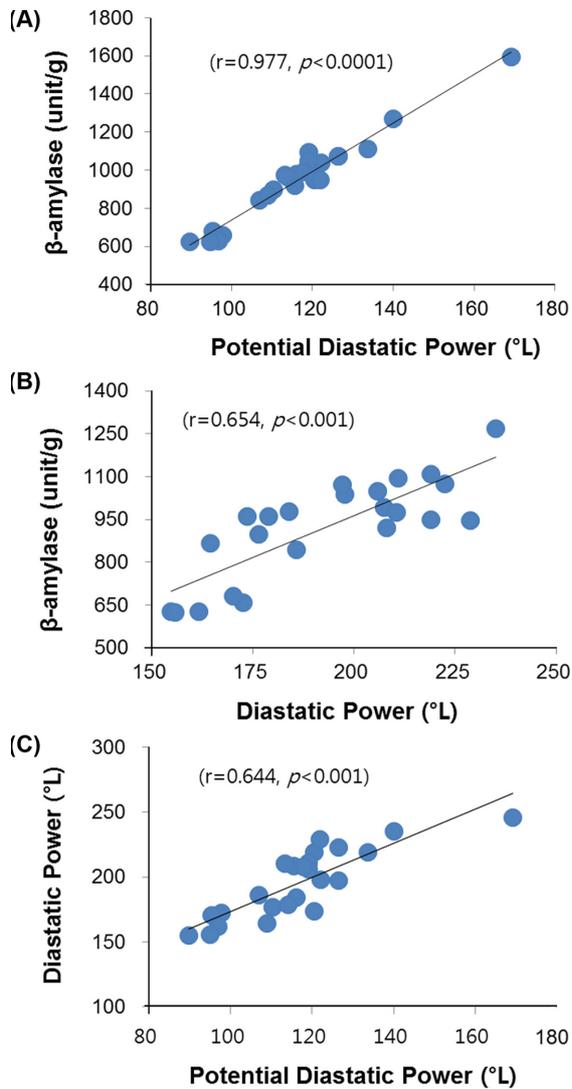


Fig. 3. Relationship between potential diastatic power and  $\beta$ -amylase activity of grain (A), diastatic power of malted barley and  $\beta$ -amylase activity of grain (B), diastatic power of malted barley and potential diastatic power of grain (C).

(1995)이 연구에서 원맥의  $\beta$ -amylase 활성이 엿기름의 당화력과 높은 상관관계를 가짐으로써 높은 당화력을 가진 보리 품종 선발이나 품종육성에 간이 검정방법으로 이용할 수 있다고 보고한 바와 같이 본 연구결과  $\beta$ -amylase 활성으로 엿기름의 당화력을 예측할 수 있을 뿐만 아니라 원맥의 잠재적 DP도 엿기름의 당화력을 예측하는데 이용될 수 있을 것으로 생각되었다. 이러한 원맥을 이용한 검정은 엿기름 대신 원맥을 검정함으로써 시간을 절약할 수 있고 적은 시료를 이용하여 분석함으로써 엿기름 제조용 원맥을 선택하는데 간편하게 이용될 수 있을 것으로 생각되었다.

요 약

국내산 겉보리를 이용한 엿기름 품질과 영향을 미치는 주요 요인을 알아보기 위하여 24개 겉보리 품종의 원맥과 엿기름의 이화학적 성분 및 효소역가 등을 조사하였다. 국내산 겉보리의 단백질 함량은 8.2-12.8%이었으며, 아밀로스 함량은 4.2-19.1%이었으며, 총 전분함량은 47.9-59.7%이었으며,  $\beta$ -glucan 함량은 4.1-7.4%이었다. 초엽길이에 따른 엿기름의 DP는 초엽의 길이가 곡립길이의 2.0-2.5배가 될 때 최대값을 나타내었다. 발아기간에 따른  $\alpha$ -amylase 활성은 4일까지는 아주 적었으나 이후 급격히 증가하여 6일째에는 185.5-206.1 unit/g이었다.  $\beta$ -Amylase 활성은 발아가 진행됨에 따라 증가하여 898.6-1,591.9 unit/g으로 6일에서 높은 활성을 보였다. 엿기름의 DP는 89.7-169.3 °L으로 보리의 품종에 따라 큰 차이를 나타내었다. 시험한 겉보리 품종 중에서는 오일보리가 원맥과 엿기름에서 가장 높은 효소역가를 나타내었다. 원맥의 PDP와 엿기름의 DP는 원맥의  $\beta$ -amylase 활성과 높은 상관관계를 나타내었고, 원맥의 PDP는 엿기름의 DP와 정의 상관관계를 가지므로 보리 원맥의 PDP와  $\beta$ -amylase 활성은 엿기름의 당화력을

Table 3. Pearson's correlation coefficients(r) between chemical composition and physical characteristics in covered barley grain and malt

	$\alpha$ -Amylase	$\beta$ -Amylase	Potential diastatic power	Diastatic Power	Yield	$\beta$ -Glucan	Starch	Husk ratio	Test weight	Protein
$\alpha$ -amylase	1									
$\beta$ -amylase	0.082	1								
Potential diastatic power	0.107	0.977***	1							
Diastatic Power	0.245	0.654**	0.644**	1						
Yield	0.325	-0.139	-0.194	0.235	1					
$\beta$ -Glucan	0.032	0.038	0.064	-0.125	0.219	1				
Starch	0.089	-0.108	-0.133	0.046	0.052	-0.264	1			
Husk ratio	0.131	-0.027	0.009	0.072	-0.015	0.096	-0.666**	1		
Test weight	0.182	0.016	0.031	-0.143	0.132	0.123	0.097	-0.376	1	
Protein	-0.124	0.207	0.248	0.034	-0.238	0.205	-0.673**	0.430	0.038	1
Amylose	0.081	0.370*	0.313	0.304	-0.193	-0.357*	0.461*	-0.219	0.164	-0.286

Levels of significance; \*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.001$ , \*\*\*  $p < 0.0001$ .

예측할 수 있는 매우 유용한 원백 품질인자인 것으로 판단되었다.

## 감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명; 보리 용도별 품질요인 규명 및 이용연구, 과제번호; PJ0111432016)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## 참고문헌

- AACC. 1983. Approved methods of the AACC. American Society of Brewing Chemists, St. Paul, MN, USA.
- Arndt EA. 2006. Whole-grain barley for today's health and wellness needs. *Real food world*, Jan/Feb 51: 20-22.
- Briggs DE. 1978. The selection and acceptance of malting barley. In: *Barley*. Chapman and Hall, London, pp. 527-532.
- Cho SH. 1990. A study on the production of malt and *sikhae*. *Korean J. Soc. Food Sci.* 6: 77-83.
- Cho SO. 1983. The effects of degree of germination of barley, soaking time of malt power, variety of rice and cooking methods on the quality of *sikhe*. *Korean J. Home Economics* 21: 79-85.
- Choi ID, Lee MJ. 2011. Bread quality by substituting normal and waxy hull-less barley (*Hordeum Vulgare* L.) flour. *Food Sci. Biotechnol.* 20: 671-678.
- Fincher GB, Stone BA. 1993. Physiology and biochemistry of germination in barley. In *Barley; Chemistry and Technology*. Macgregor AW, Batthy RS. (eds), American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, MN, USA, pp. 247-295.
- Gibson TS, Solah V, Glenie Holmes MR, Taylor HR. 1995. Diastatic power in malted barley: contributions of malt parameters to its development and the potential of barley grain beta-amylase to predict malt diastatic power. *J. Inst. Brew.* 101: 277-280.
- Hur SS. 2007. Change in the composition of ginseng *sikhye* during the saccharification process. *Korean J. Food Preserv.* 14: 650-654.
- Juliano BO. 1985. Criteria and test for rice grain qualities, In: *Rice Chemistry and Technology*, second (eds), AACC, St Paul, MN, USA.
- Kim JK, Kim SD, Kim KS. 1985. Changes of  $\alpha$ -amylase activity of barley during germination by the red light irradiation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 17: 237-239.
- Lee MJ, Kim KS, Kim HS. 2013. Quality characteristics of whole barley flour added yogurt made with various lactic acid bacteria. *Food Eng. Prog.* 17: 311-318.
- Lee MJ, Yoo JS, Kim YK, Park JC, Kim TS, Choi JS, Kim KJ, Kim HS. 2011. Varietal and annual variations of  $\beta$ -glucan contents in Korean barley (*Hordeum vulgare* L.) and oat (*Avena sativa* L.) cultivars. *Korean J. Crop Sci.* 56: 284-291.
- Lee MO, Lee YS. 2004. Studies on the institution of standardization and the screening of biological activity from Korean traditional foods (I)-malt. *Rep. Busan Inst. Health & Environ.* 14: 44-66.
- Lee WJ. 1989. Malting quality characteristics of Korean and North American barley varieties. *J. Korean Soc. Agric. Chem. and Biotechnol.* 32: 203-208.
- Lee YT, Mok CK. 1999. Activities of hydrolytic enzymes in barley malts prepared under different germination conditions. *J. Korean Soc. Appl. Biol.* 42: 324-329.
- Lee YT, Seo SJ, Chang HG. 1999. Quality characteristics of barley varieties related to enzymatic activity in malt. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 1421-1426.
- Moon SJ, Cho HJ. 1978. A scientific studies in *sikhe*. *Korean J. Home Economics* 16: 43-49.
- McCleary BV, Code RP. 1989. Measurement of  $\beta$ -amylase in cereal flours and commercial enzyme preparations. *J. Cereal Sci.* 9: 17-33.
- McCleary BV, Code RP. 1991. Measurement of (1-3)(1-4)- $\beta$ -D-glucan in barley and oats: a streamlined enzymic procedure. *J. Sci. Food Agric.* 55: 303-312.
- McCleary BV, Sheehan H. 1987. Measurement of cereal  $\alpha$ -amylase: A new procedure, *J. Cereal Sci.* 6: 237-251.
- McCleary BV, Solah V, Gibson TS. 1994. Quantitative measurement of total starch in cereal flours and products. *J. Cereal Sci.* 20: 51-58.
- Suh HJ, Chung SH, Kim YS, Hong JH, Lee HK. 1997. Characteristics of malt prepared with covered barley, naked barley and wheat. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 26: 417-421.
- Varner JE. 1964. Gibberellic acid controlled synthesis of  $\alpha$ -amylase in barley and sperm. *Plant physiol.* 59: 413-415.