

석사학위논문

제주산 맥주보리를 이용한 맥아의 제조와
맥주의 양조



제주대학교 대학원

농화학과

전 봉 수

2005년 12월

제주산 맥주보리를 이용한 맥아의 제조와 맥주의 양조

지도교수 고 정 삼

전 봉 수

이 논문을 농학 석사학위 논문으로 제출함

2005년 12월

전봉수의 농학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장 _____ 인

위 원 _____ 인

위 원 _____ 인

제주대학교 대학원

2005년 12월

Malting and Beer-brewing from Jeju Barley

Bong-Soo Jun

(Supervised by professor Jeong-Sam Koh)



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF MASTER OF
AGRICULTURE.

DEPARTMENT OF AGRICULTURAL CHEMISTRY
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

2005. 12

목 차

Summary	6
I. 서론	8
II. 재료 및 방법	12
1. 실험 재료	12
2. 맥주보리 품종에 따른 발아조건	12
3. 맥아의 제조	13
4. 맥주보리의 품종에 따른 품질	13
1) 맥주보리의 일반 성분분석	13
2) 발아율	14
3) β -glucan함량	14
5. 맥아의 품질평가	15
1) Diastatic Power	15
2) β -Amylase활성	16
3) α -Amylase활성	17
4) β -glucanase활성	18
6. 맥주양조용 맥아 제조	18

7. 맥주 제조	19
1) 상면발효	19
2) 하면발효	20
8. 맥주의 소비자 기호도 조사	21
III. 결과 및 고찰	22
1. 맥주보리 품종별 일반성분	22
2. 맥주보리의 품종별 발아	24
3. 맥주보리 품종별 맥아의 일반성분	26
4. 제주산 맥주보리의 맥아제조	28
5. 맥주보리의 발아조건에 따른 맥아의 효소활성	31
1) 발아온도와 건조 온도를 달리한 맥아의 Diastatic power(°L)	34
2) 맥주보리 품종별 맥아의 β -glucan	37
3) α -Amylase활성	41
4) β -Amylase활성	42
5) β -glucanase활성	43
6. 맥주 양조	46
7. 맥주의 소비자 기호도	51
IV. 요약 및 결론	55
V. 참고문헌	57

Summary

Malting of barley produced in jeju were prepared in germination temperature at 15~30°C after soaking, and in drying temperature at 50~65°C According to prolong soaking time, rooting and reducing sugar content were increased. It was proper to germinate barley at 20~25°C after 25~30hr's soaking. Microbial growth was prevented from malting over 30°C, and germination ratio and period were lowered and prolonged below 15°C Reducing sugar content of raw barley was below 1%, but its contents were increased to 25% in malting. Protein content of Hopum, Doosan and Daeyoung, barley varieties produced in jeju, was about 10%.

β -glucan content was 5~7%. β -glucan content was decreased in higher germination and drying temperatures. Activity of α -amylase was the highest in 353 unit at 25°C germination temperature. In preparing of malt from jeju barley, it was obtained a good result for drying to 8% moisture content at 50°C with germination at 25°C after soaking of Doosan barley for 35 hrs.

Pilot scale of beer-making with malt from jeju barley was carried out. After mixing crushed pilsener malt and caramel malt(30:2), wort was got from the saccharification of malt and water(3:10) at 65°C for 2hr. After boiling the wort at 95~100°C for 2hr, Ale beer was fermented at 23°C for 10 days. Aging of young beer was carried out at 0°C for 1month. On the

other side Pilsener beer was made from pilsener malt and water(2.5:10) and fermented at 9~11℃, aged at 0~2℃ for 1month. The taste and flavor of beer were different of adding time and amount of hop.

The Specimen of Pilsener and Ale type beer kept good flavor and taste on sensory evaluation. The degree of preference for Pilsener-type and Ale-type beer were 63% and 76% above average, and more than 70% of panelists had a mind for purchase these beer.



I. 서론

맥주의 양조는 BC 3000년 전에 바빌로니아와 이집트 나일강 유역에서 재배된 2조보리를 발아시킨 맥아에 밀가루를 섞어나, 그 자체로 발효시켜 빵을 구운 다음 그 빵을 부수어 더운물을 가하여 죽처럼 만들어 우려낸 깨끗한 액체만을 이용하여 자연 발효시켜 마셨다.

유럽, 미국 등 여러 나라에서도 맥주 양조용으로는 2조보리를 많이 사용하고 있으나, 때로는 6조보리 등도 사용하고 있다. 보리는 우리나라에서 3000년 전부터 재배된 것으로 보인다. 보리를 재배한 기록은 농사직설에 춘파맥, 추파맥 등의 기록이 있으며, 2조보리는 서유구의 행포지에 1과보리(한알보리)의 기록이 있다. 이는 2조보리를 말한 것으로서 봄에 파종하고 한 알이 매우 크다고 한 것으로 보아, 이미 2조보리가 재배되고 있었던 것으로 추측된다.

우리나라의 맥주보리 재배는 1910년경에 일본으로부터 골텐메론을 도입하면서부터이다. 1932년에는 충남 농사시험장에서 맥주용 보리품종의 비교시험 등이 수행되었으나, 골텐메론보다 우수한 품종이 출현하지 않아 지금까지 맥주보리의 대표적인 품종으로서 재배되었다. 제주도에서는 1961년부터 맥주보리를 생산하기 시작하였으며, 한국맥아공업(주)을 설립하여 국내에서 맥주보리의 활용기반을 조성하였다. 이후에 맥주생산을 위하여 국내에 맥아공장을 설립하고, 1963년부터 제주도에서 맥주보리를 계약재배하게 되었다. 맥주보리는 제주도, 경남 및 전남으로 재배를 확대하였으며 신품종 개발과 재배법에 대한 연구도 이루어졌다¹⁾.

세계적으로 보리는 사료와 맥아제조에 이용된다. 국내에서는 예전에 쌀보리를 주로 재배하여 식용으로 사용하다가 취반용으로 이용되는 양이 점차 줄어들었다. 현재는 주로 맥주보리를 재배하여 맥아제조와 주정발효용으로 이용되

고 있다. 국내산 맥주보리로 생산한 양조용 맥아의 종류가 다양하지 못하고, 외국산 맥아보다 품질이 조금 떨어지며 맥아제조 비용이 많이 들어 대부분 독일, 호주, 미국 등에서 맥아를 수입하여 사용하고 있다.

현재 독일, 미국, 호주 등에서는 다양한 맥주보리 품종이 재배되고 있으며, 지역마다 맥주보리의 품종을 달리하거나 같은 품종이더라도 지역적 특성을 살리기 위하여 알맞은 제조방법을 개발하여 맥아를 생산하고 있다. 맥아의 종류에는 대표적인 pilsner malt, crystal malt, vienna malt 등 여러 종류가 있다. 제주도에서의 재배품종은 두산8호가 90% 정도를 차지하고 나머지는 제주, 삼도 등의 품종이 재배되고 있다.

제맥의 목적은 새로운 효소가 생성되는 것이다. 효소는 원맥에 이미 있는 상태이며, 발아과정 중에 이 효소가 활성화 또는 생성된다. 보리나 맥아에 포함된 중요한 효소는 α -amylase, β -amylase, β -glucanase, cystase, protease, phosphatase 등이 있다. α -amylase는 보리에는 없지만 그 밖의 효소는 소량씩 있다. 발아는 배에서 발아 호르몬인 지베렐린 또는 지베렐린 유사물질을 호분층으로 방출하면서 시작된다. 지베렐린의 자극을 받은 호분층은 아미노산과 가수분해 효소를 합성하여 β -glucanase, 다음으로 α -amylase, protease 등의 순서로 배유로 보낸다. 합성된 cystase는 배유 세포벽을 분해하고 amylase는 배유의 전분을 분해한다. α -amylase는 새로 합성되나 β -amylase는 배유에 불활성 상태로 존재하다가 protease에 의해서 활성화된다. Amylase에 의해 생성된 maltose의 일부를 glucose로 분해하는 maltase(α -glucosidase)도 합성된다.

Amylase는 맥아의 효소 중에서 가장 중요한 효소로서 담금과정 중에서 전분을 분해하게 된다. α -amylase는 발아가 안 된 보리에서는 발견되지 않지만 발아개시 2~4일경부터 생성되고 발아가 진행됨에 따라 점차 늘어난다. 반면 β -amylase는 발아되지 않은 보리에서도 다량 함유되어 있지만 발아를 시작하

면 이 효소의 양이 감소되다가 발아개시 2~3일에 그 양이 급격히 늘어난다. β -amylase의 생성은 발아 1일차 호흡과 직접 관련이 있다. 1일차에 지속적인 공기 공급이 이 효소를 생성하는데 중요하다. 과거의 발아공정은 β -amylase의 함량에는 거의 변화가 없었다²⁷⁾.

Hemicellulose의 주성분은 β -glucan으로 제맥공정 중에 endo- β -1,4-glucanase(보리에 이미 있는 효소)와 endo- β -1,3-glucanase(제맥되기 전에 생성되지 않는 효소)의 효소에 의해 분해된다.

β -glucan solubilase는 단백질에 결합되어 있는 β -glucan을 방출한다. 이 효소는 제맥 전의 150~170% 정도 증가된다. β -glucan이 함량이 높다고 반드시 여과에 나쁜 영향을 미치는 것은 아니다. 여과는 β -glucan gel이 만들어지는 양에 따라 다르며 고분자량인 β -glucan이 주로 gel을 형성하여 여과에 문제를 일으킨다. 따라서 맥아에는 이를 분해할 수 있는 endo- β -glucanase 함량이 많아야 한다²⁸⁾.



맥아의 종류와 품질에 따라 맥주의 품질에 직접적인 영향을 주기 때문에, 맥아를 어떻게 제조하느냐에 따라 맥주의 맛과 색깔, 향기도 달라진다. 따라서 제주도에서 생산되는 맥주보리의 특성을 파악함으로써 맥주보리의 품종에 따른 알맞은 맥아 제조방법을 개발하고, 맥아의 종류를 다양화함으로써 제주도 특성을 살릴 수 있는 독특한 맥주를 생산할 필요가 있다. 제주도에서 재배되는 맥주보리는 수익성 문제와 수매량의 감소 등으로 예전에 비해 재배면적이 줄어들고 있다.

현재의 맥주는 전 세계로 확산되어 다양한 맥주가 생산되고 있으며, 그 나라의 대표하는 맥주가 있을 정도로 많이 알려져 있다. 주류 중 판매량에서 가장 많이 차지하고, 전 세계적으로 맥주 판매량이 늘어나고 있으며, 나라마다 지역특성을 살린 맥주가 다양하게 생산 되어 유통과 판매가 많아져 소비자의

선택이 폭이 넓어지고 있으며 각 개인의 취향에 따라 마실 수 있게 되고 있다. 독일이나 일본, 호주, 미국, 중국 등지에서는 지역맥주가 확산되면서 맥주가 생산되는 지역이 관광도시로 발전하고 있다. 대표적으로 유럽에서 독일의 Bamberg, 도르트문트, 뮌헨 등과 아시아는 일본의 오키나와와 중국의 청도, 북경, 상해 등이 있다. 그러나 우리나라는 아직 소규모 맥주양조장에서 직접 생산, 판매만 되고 있는 실정이다. 제주산 맥주보리를 이용한 지역 맥주가 개발되면 우리나라를 대표할 수 있는 맥주로 발전을 할 수 있는 산업이다.

그리고 그 지역의 이름(명칭)를 따서 만들어진 맥주가 나오고 있으며, 지역적 특성을 살려 상품화하고 있다. 제주도는 맥주보리가 우수한 품질을 지닌 자원이 있어 이것을 이용한 맥주와 맥아가 생산된다면 제주도의 이미지를 부각시킬 수 있을 뿐 만 아니라 마케팅을 통한 광고 효과가 있을 것으로 여겨진다.

본 연구에서는 제주지역의 농업기반을 안정화시키고 수요가 증가할 것으로 예상되는 지역맥주 생산에 필요한 맥아제조를 위하여 보리품종에 따른 특성과 맥아제조에 관련된 몇 가지 실험과 제주산 맥주보리를 이용하고 지역맥주를 개발이 필요하다고 판단되어 알맞은 제조방법을 찾기 위해 실험을 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 재료

제주도농업기술원 시험포장에서 2004년 5월에 수확한 두산8호, 제주, 삼도, 대영, 대아, 호품 6품종을 제공받아 사용하였다. 현재 제주도에서 가장 많이 생산되는 두산8호는 2004년 5월에 제주도 남제주군 대정읍 무릉리에서 재배한 보리를 맥아 제조에 사용하였다.

2. 맥주보리 품종에 따른 발아조건



품종별 맥주보리의 발아조건을 알아보기 위하여 10일 동안 발아시켰다. 깨끗한 물로 세척하여 물의 온도가 11~13℃를 유지할 수 있는 저온실에서 5~30시간동안 침맥과 세척을 3번 처리하였으며, 발아가 잘 될 수 있게 산소를 공급하기 위해 air pump를 이용하여 공기를 주입하였다. 이후 침맥에 사용한 물을 제거하고 15℃, 습도가 90% 이상 유지되는 저온실에서 10일간 발아시켰다. 발아시키는 동안의 뿌리의 길이와 환원당을 측정하였다.

3. 맥아의 제조

맥주보리 품종에 따른 맥아특성을 알아보기 위하여 발아온도와 건조온도를 달

리하여 맥아를 제조하였다. 우선 깨끗한 물로 세척하여 물의 온도가 2~5℃를 유지할 수 있도록 스테인리스 통에 넣고 저온을 유지할 수 있는 저온실에서 30~35시간동안 침맥과 세척을 3번 처리하여 air pump를 이용하여 공기를 주입하였다. 이후 침맥에 사용한 물을 제거하고 15, 20, 25, 30℃로 각각 온도를 유지하고, 습도가 93% 이상 유지되는 저온실에서 5일간 발아시켰다. 발아가 끝난 후 품종별로 건조온도를 각각 50, 55, 60, 65℃로 달리하여 건조한 다음체를 이용하여 뿌리를 제거하여 맥아를 제조하였다.

4. 맥주보리의 품종에 따른 품질

1) 맥주보리의 일반 성분 분석

맥주보리의 수분 함량은 105℃ 가열건조법으로 측정하였으며, 조단백질 함량은 kjeldahl법에 의하여 총질소를 구한 다음에 환산계수를 5.83으로 하였다. 전분 및 환원당 함량은 분쇄한 건조시료 1g에 물을 가하여 침출한 다음 3000rpm에서 원심 분리한 상정액을 여과하여 정용한 후 환원당을 측정하였으며, 침전물은 묽은 염산 100 ml를 사용하여 erlenmeyer flask에 넣어 환류 냉각기를 설치한 후 2~3시간동안 가열하였다. 냉각한 후에 5% NaOH로 중화시키고 여과한 시료를 Somogyi-Nelson법으로 500nm에서 흡광도를 측정하여 얻은 환원당으로부터 전분 함량을 구하였다. 조지방 함량은 soxhlet 추출법으로 측정하였으며, 회분 함량은 550℃에서 회화법으로 측정하였다²⁾.

2) 발아율

ASBC hydrogen peroxide 방법(Barley-3,B)에 의해 측정하였다. 보리곡립 100개를 0.75% H₂O₂ 100 ml에 넣고 48시간 후에 발아된 보리곡립(chitted barley kernel)을 %로 나타내었다. 색도는 분쇄시료를 color difference meter를 사용하여 껍질의 색도 값을 측정하였다.

3) β -glucan 함량

β -glucan 함량은 McCleary와 Glennie-Holms의 방법에 의하여 측정하였다⁴⁾. 품종별로 보리 0.5 g을 polypropylene tube에 넣고 시료가 잘 분산되도록 50%(v/v) ethanol 용액 1 ml를 넣은 다음 5ml의 인산완충용액(20mM sodium phosphate, pH 6.5)을 가하여 vortex mixer로 교반하여 시료를 혼합하였다. 100°C boiling water bath에서 수시로 교반하면서 끓인 후 40°C로 냉각시킨 다음 lichenase(50 U/ml in 20mM sodium phosphate buffer, pH 6.5) 0.2ml를 가하여 40°C water bath에서 1시간 동안 반응시켰다. 여기에 증류수 24 ml를 가하여 30 ml로 정용한 다음 교반 후 3000rpm에서 10분간 원심분리를 하였다. 상정액 0.1 ml씩을 3개의 시험관에 분취한 다음 1개의 시험관에는 초산완충용액(50mM, pH 4.0) 0.1 ml를 가하고 다른 2개의 시험관에는 β -glucosidase (2 U/ml in 50mM sodium acetate buffer, pH 4.0)를 가하여 40°C에서 15분간 반응시켰다. 각각의 시험관에 glucose oxidase/peroxidase 시약(Megazyme, gluco 측정 kit, Ireland)을 가하여 40°C에서 20분간 반응시킨 다음 510nm에서 흡광도를 측정하였다.

$$\begin{aligned}\beta\text{-glucan}(\%,w/w) &= \Delta E \times F \times 300 \times 1/1000 \times 100/W \times 162/180 \\ &= \Delta E \times F/W \times 27\end{aligned}$$

ΔE = absorbance(reaction) - absorbance(blank)

F = 100(μg of glucose)/absorbance of 100 μg of glucose
(conversion from absorbance to μg)

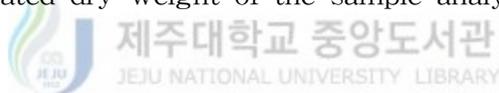
1/1000 = conversion from μg to mg

162/180 = adjustment from free glucose to anhydroglucose

300 = volume correction(i.e. 0.1 ml taken from 30.0 ml)

100/W = factor to express β -glucan content as a percentage of dry flour.

W = the calculated dry weight of the sample analyse(mg)



5. 맥아의 품질평가

맥아의 품질평가에는 수분, 조단백질, 전분 및 환원당, 조지방, 회분, β -glucan, 색도(Daego JP7200F/C, Japan) 등을 측정하여 비교하였다. 효소활성으로는 diastatic power (DP), α -amylase, β -amylase, β -glucanase을 측정하였다.

1) Diastatic power

Diastatic power는 AACC method에 준하여 측정하였다¹⁰⁾. 분쇄한 맥아 5g에 증류수 100 ml를 넣은 다음 마개로 막고 교반하고 20°C water bath에서 150분 동안 추출한 다음 여과하였다. 100 ml starch용액(2%, w/v)에 malt infusion

(맥아추출 여과액) 2 ml를 넣었으며, 30분 후에 10 ml의 0.5N NaOH 용액을 넣어 혼합하였다. 반응용액 5 ml에 alkaline ferricyanide 시약을 첨가하여 10 0℃ boiling water bath에서 20분간 반응시킨 다음 흐르는 물로 냉각시킨 다음 20 ml acetic acid와 1 ml starch KI 용액을 첨가하여 혼합하였다. 0.05N sodium thiosulfate 용액을 사용하여 청색이 완전히 없어질 때까지 적정하여 다음 식에 의해 산출하였다.

$$\text{Diastatic power}(^{\circ}\text{L}) = (\text{B} - \text{M}) \times 18 \text{ (2 ml 맥아 추출 여과액을 사용)}$$

B = starch blank에 대한 sodium thiosulfate의 ml

M = 맥아에 대한 sodium thiosulfate의 ml

2) β -amylase 활성



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

β -amylase assay kit(Megazyme, Ireland)를 사용하여 측정하였다⁶⁾. 분쇄한 맥아 0.5 g에 5.0 ml 완충용액(Extraction Buffer; 50mM Trizma Base, 1mM di sodium EDTA)을 첨가한 후 20℃에서 1시간 동안 효소를 추출한 다음 3000rpm에서 10분간 원심분리한 상정액에 buffer를 사용하여 희석하였다. 0.2 ml Betamyl β -amylase 기질용액을 시험관에 넣고 water bath에서 5분간 4 0℃로 유지하였다. Betamyl 기질용액을 포함하는 시험관에 효소추출액 0.2 ml 를 첨가하고 40℃에서 정확히 10분간 반응시켰다. 반응 후 3.0 ml의 반응종결 시약(1%w/v Trizma base)을 넣고 잘 혼합하여 410nm 에서 측정하였다.

1 unit의 효소활성은 α -glucosidase와 함께 1분 동안 PGPN5(p-nitrophenyl Maltopentaoside)로부터 p-nitrophenol 1 μ mole을 생성하는데 필요로 하는 효소의 양으로서 Betamyl unit으로 나타내었다.

$$\text{Unit/g powder} = E_{410} \times 1194$$

3) α -amylase 활성

α -amylase 활성은 Cerapha α -amylase assay kit(Megazyme, Ireland)를 사용하여 측정하였다⁸⁾. 분쇄한 맥아의 효소추출은 0.5 g의 분쇄물을 100 ml 정용 플라스크에 넣고, 1% sodium chloride, 0.02% calcium chloride, 0.02% sodium azide를 함유한 용액으로 추출하였다. 20°C에서 15분 동안 5분 간격으로 저어 주면서 효소를 추출하였으며, 추출액을 3000rpm에서 10분간 원심분리 하였다. 상정액 0.5 ml과 추출 buffer(1M sodium malate, 1M sodium chloride, 40mM calcium chloride, 0.1% sodium azide) 9.5 ml를 넣어 희석하고 2시간 이내에 효소활성을 측정하였다. 0.2 ml Ceralpha α -amylase 기질용액을 시험관에 넣고 40°C의 항온수조에서 5분간 유지시켰으며, 추출하여 희석한 효소추출액도 같은 온도에서 5분간 유지시켰다. Ceralpha 기질용액 0.2 ml을 함유하는 각각의 시험관에 0.2 ml 효소추출액을 첨가하였다. 40°C에서 10분간 반응시킨 후에 반응종결시약(20% w/v Tri-sodium phosphate solution) 3.0 ml를 넣어 410nm에서 흡광도를 측정하였다. 증류수를 사용한 blank의 흡광도를 측정하였다. α -amylase의 효소활성은 다음에 의해 계산하였다.

$$\text{Unit/g powder} = E_{410} \times 382(\text{맥아가루})$$

1 unit의 효소활성은 정해진 분석조건에서 충분히 존재하는 α -glucosidase와 glucoamylase와 함께 1분 동안 PGP7(Blocked p-nitrophenyl maltoheptaoside)으로부터 p-nitrophenol 1 μ mole을 생성하는데 필요로 하는 효소의 양으로서 Ceralpha unit로 나타내었다.

4) β -glucanase 활성⁹⁾

분쇄맥아 0.5 g을 원심분리튜브(14 × 120 mm)에 넣고 8.0 ml 추출 buffer 용액(40 mM acetate/phosphate, pH 4.6)을 첨가하여 혼합하였다. 실온에서 15분 동안 효소를 추출하였으며, 3000rpm에서 10분간 원심분리 하였다. 30℃로 미리 조절된 0.5 ml Azo-barley glucan 기질용액을 원심분리튜브에 넣고 30℃에서 5분간 유지하였으며, 맥아추출물도 30℃에서 5분간 유지하였다. 각각의 시험관에 0.5 ml Azo-barley glucan 기질에 0.5 ml 맥아추출물을 넣고 혼합한 후 30℃에서 10분 동안 반응시켰다. 반응 후에 3.0 ml 침전용액을 넣고 혼합하여 5분간 방치한 다음, 3000rpm에서 10분간 원심분리 한 상정액을 590nm에서 흡광도를 측정하였다. β -glucanase의 활성은 unit/kg malt로 하였으며 1 unit는 30℃, pH 4.6에서 1분 동안 glucose 환원당에 해당하는 1 μ mole을 생성하는 효소의 활성으로 나타내었다.

6. 맥주양조용 맥아 제조

Pilsener malt 제조방법은 맥주보리를 정선하여 여러 차례 세척하여 불순물을 제거하고 물 위로 떠오르는 불량 맥주보리를 제거한 후, 맥주보리와 물을 4:6비율로 침맥을 하였다. 이 과정에서 침맥온도는 2~5℃로

유지하여 약 30시간 침맥을 하였고, 과정 중 3~5차례 침맥수를 교체하였다. 침맥이 끝나면 맥주보리를 20℃ 되는 저온실에서 6일간 발아를 시키고, 50℃에서 12시간 건조 후 뿌리를 제거하여 맥아를 제조하였다.

Caramal malt 제조방법은 pilsener malt와 같은 방법으로 세척하여 불순물을 제거하고, 침맥온도를 처음 2~5℃에서 15시간처리를 하고 다음 10~12℃에서 15시간 침맥 하였다.

발아온도는 25℃에서 5일간 발아를 한 후 건조온도 80℃에서 9시간 건조하여 맥아를 제조하였다.

7. 맥주 제조

1) 상면 발효



상면 발효(Ale 맥주)는 pilsener malt와 Caramel malt를 (30:2) 비율로 맥아를 분쇄하여 당화조에 넣고 물을 부어 당화효소 추출을 하였다. 물과 맥아의 비율은 10:3으로 처리하고 65℃에서 2시간동안 추출을 한다.

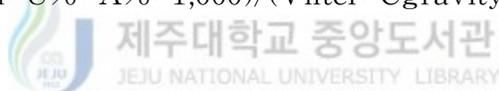
당화효소추출이 끝나면 여과조로 옮겨 깨끗한 맥아즙만을 끓임 처리를 할 수 있는 탱크로 옮기고 95~100℃에서 2시간 끓여준다. 이 과정에서 hop를 넣어 자비를 하고, 2시간이 끝나면 냉각장치를 통해 맥아즙을 발효조로 옮겨 yeast와 함께 넣어 약 23℃가 유지 되도록 발효온도를 맞추고 10일간 알코올 발효하여 1차 발효를 정지하고 맥주를 숙성탱크로 옮겨 약 1개월간 탄산생성과 맛을 숙성 시킨다.

2) 하면 발효

하면 발효(pilsener 맥주)는 pilsener malt와 물을 2.5:10의 비율로 상면 발효처럼 당화효소 추출을 하였다. 여과과정을 거친 후 끓임 처리시 hop을 넣고 95~100℃에서 2시간동안 자비 하여 냉각장치로 맥아즙을 냉각 후 발효온도를 9~11℃하여 1차 발효를 거치고 0-2℃에서 1개월동안 숙성탱크에서 2차 발효를 거쳐 최종 맥주를 생산하게 된다.

발효 중의 성분변화측정은 주류규정분석법에 따라 처리하였다. 쓴맛 IBU는 맥주에 생성된 알파산 이성질체의 ppm으로 표시된다. 미터법에서 이것은 편리하게 L당 mg으로 표시된다.

$$IBU = (Wgram \times U\% \times A\% \times 1,000) / (Vliter \times Cgravity)$$



Wgram = 호프의 무게

A% = hop에 있는 알파산의 농도. 소수로 표시

U% = hop의 끓임 시간(분)에 따른 이용도

Vliter = 마지막 맥아즙의 부피.

Cgravity = 끓이는 동안에 1.050이상의 비중을 가지고 있는 맥아즙에 대한 정정계수.

이것은 1.050보다 더 큰 목표 비중을 가지고 있는 맥주를 포함하며, 또한 끓여서 고농도의 맥아즙을 만든 뒤에 발효조에서 희석하여 사용되는 모든 경우를 포함한다. 끓이는 것의 비중이 1.050보다 적을 때 정정계수는 1.0과 같다.

$$= 1 + \{(Gboil - 1.050) \div 0.2\}$$

Gboil = 가열 탱크에서의 맥아즙의 비중과 같다.

8. 맥주의 소비자 기호도 조사

개발된 맥주의 소비자 기호도 조사는 소비자의 개인적 반응인 선호도/기호도 (preference/acceptance), 구매 여부 및 구매 이유에 대한 의견 즉, 판매가능성을 알아보기 위하여 실시하였다. 조사는 실험실 검사(laboratory test)방법으로 2005년 7월 22일 제주대학교 감귤화훼과학센터 강당에서 ‘지역 양조산업의 기술혁신을 통한 산업화 기술개발 연구결과 발표회’와 함께 열린 지역맥주 시음회 장소에서 수행되었다.

패널은 시음회에 참석한 76명(남 53명, 여 23명)을 대상으로 실시되었으며, 9점기호도 평점법(스마트 테스트)을 사용하여 기호도를 조사하였다. 한편, pilsner type과 Ale type의 맥주에 대하여 향미의 차이가 있는지 여부를 알아보기 위하여, 맥주의 맛에 훈련된 제주한라대학 호텔조리과 학생인 패널 20명을 대상으로 단순차이검사(simple difference test)를 실시하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 맥주보리 품종별 일반성분

제주도에서 재배하고 있는 품종은 두산8호, 제주, 삼도, 대영, 대아, 호품보리 6종의 일반성분은 Table 1에서 보는 바와 같다. 제주산 맥주보리인 경우 수분 함량은 대부분이 약 14%이었다. 외국산 맥주보리가 약 13%인데 비하여 제주산이 약간 많았다. 수분 함량은 맥아제조에서 발아에 영향을 주기 때문에 수분관리에 유의할 필요가 있었다. 제주산 맥주보리의 조단백질 함량은 11~13%이었다. 맥아는 크게 pale malt와 dark malt로 구분하며 pale malt는 조단백질 함량이 9~11%이며, dark malt는 12~14%가 사용되고 있다. 미국산 보리는 약 13%의 단백질을 함유하는 보리로 pale malt를 생산하고 있다. 맥주의 제조에서는 보리의 특성에 따라 제조방법을 달리해야 한다.

단백질은 물에 잘 녹지 않거나 끓이면 침전되기 때문에 양조과정 중 mashing 후 여과처리에서 침전된 단백질은 제거된다. 그러나 단백질 분해산물은 물에 잘 녹아 끓일 때 침전되지 않는 경우가 많다. 맥주에서는 단백질 양에 따라 맛에 영향을 주며, 거품의 안정성을 향상시키나 혼탁을 일으키기도 한다. 당화액 중에 남아있는 단백질 분해산물은 열처리, 산이나 알칼리의 작용에 따라 변성을 일으키기도 하여 맥주에 품질을 떨어뜨리기도 한다. 맥주보리의 단백질 함량이 증가하는 만큼 맥아에서 얻을 수 있는 추출물의 양은 감소하게 된다³⁾.

Table 1. Proximate constituents of barley produced in Jeju

Malt from barley variety	Moisture	Crude protein	Crude fat	Starch	Reducing sugar	Ash
Doosan	14.03	11.73	2.96	63.34	0.22	1.90
Jeju	14.04	12.04	2.80	62.23	0.21	1.43
Samdo	14.15	13.83	2.75	60.46	0.25	1.72
Daeyoung	14.14	12.07	2.81	62.37	0.23	1.91
Daea	13.97	14.38	2.23	61.70	0.22	2.13
Hopum	14.85	11.13	2.48	63.12	0.21	2.20
USA malt	13.15	13.21	2.26	64.79	0.25	2.09
Germany malt	13.02	9.48	2.10	64.38	0.30	1.98

조지방 함량은 3% 이하로, 외국산 맥아와 비슷하였다. 맥주보리의 지질은 주로 호분층과 배아에 있으며 호분층과 껍질에 있는 지질의 양은 유묘에 비해 9배 정도에 이른다. 지질은 대부분 맥주박을 통해 빠져 나가며, 맥주의 거품형성에 좋지 않은 영향을 끼친다.

전분 함량은 모든 품종이 60~63%이었고, 외국산 맥아보다 1~3% 정도 차이를 보였다. 발아과정에서 β -amylase에 의해 우선 이용되고 α -amylase가 생성되어 전분을 발효성 당인 텍스트린으로 분해하는 작용을 한다. 전분 함량은 발아 중에 중요한 에너지원으로 효소활성을 높일 수 있다. 환원당 함량은 0.2~0.3%이었다. 보리의 환원당 함량은 매우 적으며 유묘가 이용할 수 있는 전이성 대사산물이다. 종자는 수확기에 휴식기 상태이기 때문에 적은 양의 동화

생성물(catabolic products)을 가지고 있고 주로 sucrose와 glucose, fructose 형태로 존재한다.

무기물 함량은 1.43~2.2%이었다. 맥주보리는 2~3%의 미량성분이 있으며, 대부분이 무기질 형태로 존재한다. 중요한 무기질은 인산염 35%, 실리카염 25%, 칼륨염 20%가 있다. 인산염은 주요 구성성분이면서 종실의 중요한 유기 화합물 구조인 phytin, nucleic acids, coenzyme, 단백질 등에서 발견되는 주요 성분으로 제맥공정 및 맥주 제조과정 중에 분리된다. Silicate는 껍질에 많이 있으며 호분층에 존재하기도 하며, colloid로 용해되므로 모든 맥주 혼탁에서 검출되는 성분이다³⁾.

2. 맥주보리의 품종별 발아

제주산 맥주보리의 품종별 발아과정을 10일 동안 관찰하였다. Fig. 1에서 보면 보리가 발아되어 뿌리길이가 증가되는데, 7일 이후 급속히 길이가 늘어났다. 9일부터 싹이 나오기 시작하였다. 맥주보리의 침맥시간이 길어질수록 뿌리의 길이도 상대적으로 길었다. 맥주보리는 수분이 함유하는 침맥 정도에 따라 뿌리의 길이가 빨리 길어지고, 맥아에 들어있는 환원당 함량도 증가되면서 이들 사이에는 밀접한 관계가 있는 것을 알 수 있었다 (Fig. 2). 침맥 후 배양시간이 7일까지는 큰 차이가 없었으나, 이후에는 뿌리길기와 환원당 함량이 급속히 증가함을 알 수 있었다.

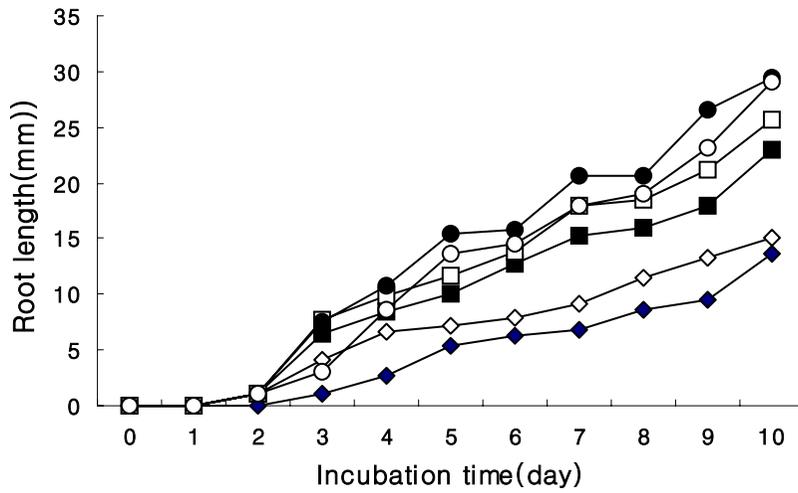


Fig. 1. Changes of rooting by soaking times.

◆-◆ 5hr, ◇-◇ 10hr, ■-■ 15hr, □-□ 20hr, ○-○ 25hr, ●-● 30hr

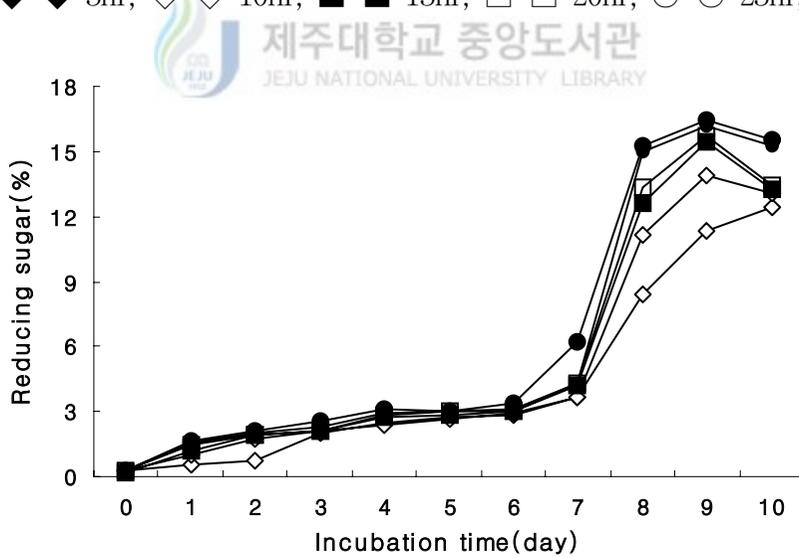


Fig. 2. Changes of reducing sugar by soaking times.

◆-◆ 5hr, ◇-◇ 10hr, ■-■ 15hr, □-□ 20hr, ○-○ 25hr, ●-● 30hr

15℃에서 발아 할 때는 25~30시간동안 침맥 후 발아시키는 것이 알맞은 것으로 판단되었다. 환원당 함량은 맥주보리에서는 1% 이하였지만, 맥아에서는 환원당이 많아 대부분 25% 정도이었다. 전분, 다당류 등이 β -amylase, α -amylase 등 효소에 의해서 glucose와 maltose, 덱스트린으로 바뀌게 되어 함량이 증가하였다.

3. 맥주보리 품종별 맥아의 일반성분

발아시킨 맥아를 50℃에서 24시간 이상을 건조하였다. 건조온도에 따라 색깔이 달라져 맥아의 종류가 구분되어, 크게 담색맥아(pale malt)와 농색맥아(dark malt)로 나눌 수 있다. 필젠 타입의 맥주를 제조하는 맥아는 담색맥아를 이용되기 때문에 이를 기준으로 맥아를 제조하였다. 50℃ 정도에서 건조하면 당화효소가 활성화되고, 발아를 억제해줌으로써 안정한 상태로 유지해준다.

맥아의 단백질 함량은 호품만 10% 이하였으며 두산8호와 제주, 대영은 약 10%이었다. 삼도와 대아는 각각 12.03%와 13.06%로서, 단백질 함량이 많아 맥주제조용 맥아로 사용하기는 좋지 않을 것으로 판단되었다. 단백질 함량이 많으면 보리의 추출물이 적어지고 양조할 때에 단백질의 변성으로 혼탁현상이 일어날 가능성이 크다. 담색맥아는 단백질 함량이 약 11% 이하가 되었을 때가 좋다. 두산 8호와 제주, 호품, 대영이 담색맥아제조 알맞은 것으로 판단된다(Table 2).

조지방 함량은 두산 8호에서 2.90%로 높지만, 원료보리보다 맥아에서 조지방 함량이 약간 줄어든 것을 알 수 있었다. 대부분 3% 이하이었으며, 대아에서 그 함량이 가장 낮았다. 회분 함량은 원료보리에 비하여 맥아에서 전체적으로 줄어들었다. 이는 세척하는 과정 중에 껍질에 있던 무기물이 다소 제거

된 것으로 보인다. 무기물은 효모가 생육하는데 생리적 작용을 안정하게 할 수 있다. 제주가 1.35%로 함량이 적고, 대아와 호품이 다른 품종에 비해 함량이 많았다. 제주도의 양조용수가 독일의 양조용수에 비해 무기물 함량이 낮기 때문에, 무기물 함량이 다소 높은 맥아를 이용하는 것이 알맞을 것으로 판단된다.

Table 2. Proximate constituents of malt

Variety	Moisture	Crude protein	Crude fat	Starch	Reducing sugar	Ash
Doosan	8.36	10.56	2.90	47.41	25.89	1.85
Jeju	9.24	10.80	2.70	58.00	11.61	1.35
Samdo	8.99	12.03	2.40	40.20	28.92	1.65
Daeyoung	7.75	10.80	2.70	47.47	26.71	1.70
Daea	7.67	13.06	2.10	45.39	26.73	2.00
Hopum	8.25	9.28	2.40	45.13	27.81	2.05

전분은 맥주보리가 발아하는 과정에서 효소작용으로 당화됨으로써, 발아과정에서 많이 감소된 것을 알 수 있었다. 대부분이 전분은 dextrin, maltose, 단당류 등으로 분해된다. 맥아에서 전분 함량이 높으면 오히려 전분이 분해되지 못하고 침전물이 생성되어 맥주의 혼탁을 일으키는 원인이 되기도 한다. 담색 맥아인 경우는 약 40%가 알맞기 때문에 제주보다 두산8호나 호품, 대영을 이용하는 것이 알맞을 것으로 보인다.

4. 제주산 맥주보리의 맥아제조

침맥에서는 5℃로 유지하고 침맥시간을 35시간으로 일정하게 하였다. 발아조 내에는 습도가 약 93%로 일정하게 유지하였고, 발아온도와 건조온도를 각각 달리하여 맥아를 제조하였다. 품종별 맥주보리의 침맥도는 발아에 알맞은 42~43%이었으며, 일정한 조건에서 침맥을 하고 발아온도를 15, 20, 25, 30℃로 분류하여 발아를 시켰다. 맥아는 보리의 길이에 1.5배가 되었을 때가 당화활성이 높기 때문에 그 길이에 맞춰 발아시켰다. Fig. 3은 25℃에서 배양하였을 때의 뿌리의 길이를 나타내었다. 15℃에서는 보리의 길이에 1.5배가 되기까지 7일이 걸렸고, 발아력은 대영과 두산8호가 높았으며 대아와 삼도는 낮았다.

30℃부터는 발아 할 때가 4일로 발아되는 속도가 빨랐으나, 모든 품종에서 오염된 미생물의 증식에 의해 발아가 순조롭지 못하여 맥주보리의 발아조건으로 맞지 않았다. 15℃에서는 발아되는 기간이 길어 생산성이 떨어졌으며 발아율도 떨어졌다. 20~25℃에서 발아할 때가 가장 알맞은 것으로 보이며, Table 2에서 보면 발아율도 30℃일 때와 차이가 보이지 않았다. 미생물에 피해가 없었으며, 발아기간도 빠르기 때문에 가장 알맞은 것으로 나타났다.

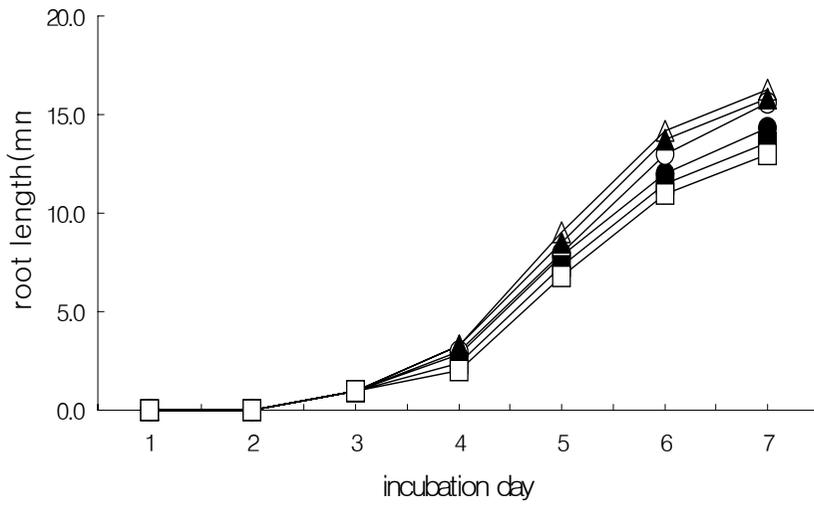


Fig. 3 Changes of root length germinated at 15°C.

●-● Hopum ○-○ Jeju ▲-▲ Doosan △-△ Daeyung ■-■ Daea □-□ Samdo

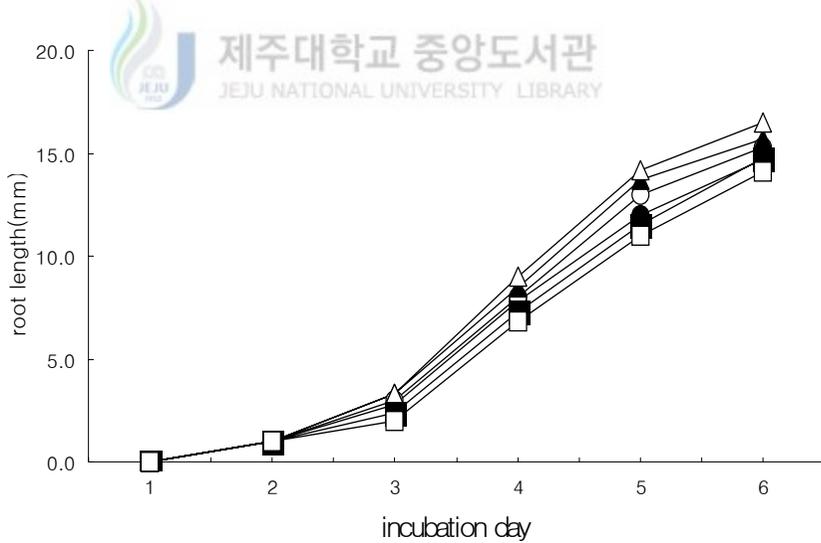


Fig. 4 Changes of root length germinated at 20°C.

●-● Hopum ○-○ Jeju ▲-▲ Doosan △-△ Daeyung ■-■ Daea □-□ Samdo

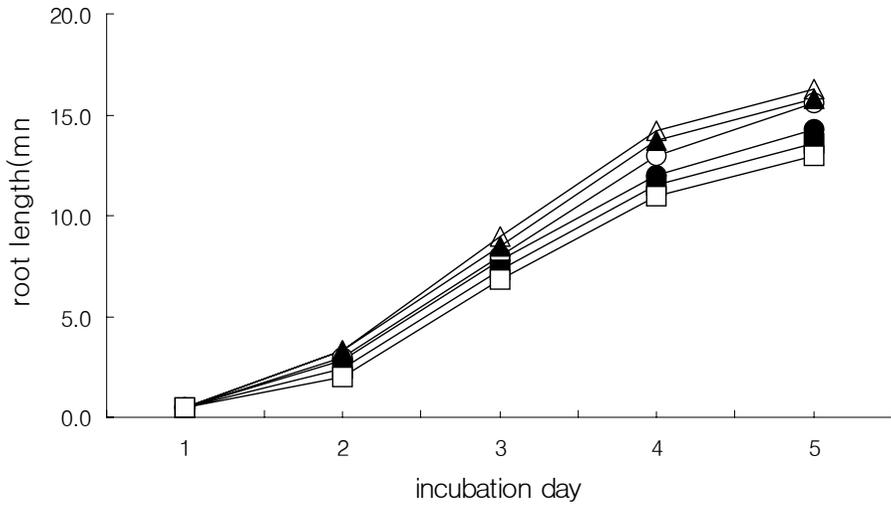


Fig. 5 Changes of root length germinated at 25°C.

●-● Hopum ○-○ Jeju ▲-▲ Doosan △-△ Daeyung ■-■ Daea □-□ Samdo

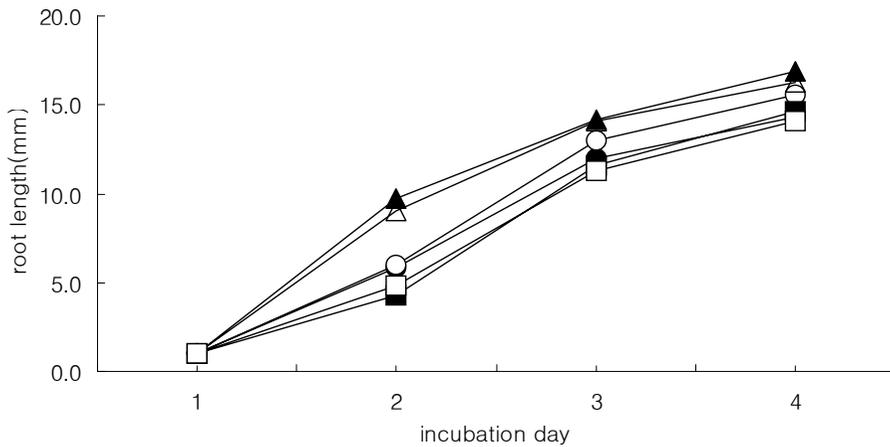


Fig. 6 Changes of root length germinated at 30°C.

●-● Hopum ○-○ Jeju ▲-▲ Doosan △-△ Daeyung ■-■ Daea □-□ Samdo

Table 3. Germination ratio by temperatures(%)

Variety	Germination temperature			
	15℃	20℃	25℃	30℃
Hopum	77	81	90	90
Jeju	78	81	90	92
Doosan	83	89	94	95
Daeyoung	85	91	94	97
Daea	73	78	87	89
Samdo	71	75	86	87

5. 맥주보리의 발아조건에 따른 맥아의 효소활성



맥아를 제조하기 위하여 발아시키는 과정 중에 배유가 변형되는데, 이는 보리의 호분층 세포에서 가수분해 효소들이 합성되어 호분층 세포벽으로부터 배유로 분비됨에 따른다. 맥주보리의 세포벽 분해가 전분의 당화에 앞서 진행되는 데 발아 중에 세포벽을 구성하고 있는 대표적인 구조적 다당류 물질인 β -glucan과 arabinoxylan을 분해시키는 β -glucanase와 xylanase와 같은 세포벽 분해효소의 작용이 일어나고 배유 전분질을 분해하는 효소인 α -amylase와 β -amylase의 작용이 계속적으로 진행된다¹⁴⁾. 발아하는 맥주보리에 있어서 맥아의 품질특성 중 전분당화에 관여하는 효소 활성이 매우 중요하다. 따라서 발아조건에 달리하여 활성도 변화를 조사하였다.

전분은 mashing에 있어 중요한 성분이며, 전분분해효소에 의해 당을 생성하게 된다. 맥아의 제조과정에서 배유 세포벽이 우선적으로 분해되어 전분이 노

출되며, 이때에 세포벽의 주요 구성성분인 β -glucan을 분해하는데 endo- β -(1→3)-glucanase, endo- β -(1→4)-glucanase와 endo-(1→3),(1→4)- β -D-glucanase가 작용을 한다. Endo- β -(1→4)-glucanase(cellulose)는 cellulose를 분해하는 역할이 있는데 맥주보리의 껍질(husk)에 한정되어 있으며 대부분의 활성이 보리에 오염되어 있는 미생물 때문인 것으로 보고되었다¹⁴⁾.

(1→3)-와 (1→4)-결합을 함께 가지고 있는 mixed-linked β -glucan을 분해하는 유일한 glucanase는 endo-(1→3),(1→4)- β -D-glucanase이다. Isoenzyme에 의해 한정적으로 분해된 배유 세포벽은 glucose와 oligosaccharide를 생성하는데 glucose의 생성은 세포벽에 β -glucosidase가 연관되어 있기 때문인 것으로 보인다. β -glucanase는 원료보리이나 칩맥보리에는 존재하지 않고 발아과정 중에 발달하는데 gibberellic acid가 효소의 생성율에 큰 영향을 미치며, 열에 민감하여 맥아를 건조하기 위한 배조과정 중에 많이 소멸된다.

발아하는 곡립 내의 β -glucanase 활성은 맥주보리의 품종과 재배지역에 따라서 크게 영향을 받으며¹³⁾, 맥아의 변형 정도 및 맥아즙 β -glucan 함량은 β -glucanase의 활성에 의해 달라질 수 있다. 맥주양조에 맥아의 β -glucan 함량과 관련이 있으며, 이는 미발아 맥주보리의 초기 β -glucan 함량과 발아 중에 β -glucanase의 생성에 달려있어 이 효소의 생성 능력은 보리의 제맥 품질에 중요하다고 하였다.

보리 맥아는 esterase와 carboxypeptidase 활성을 가지고 있는 것으로 보고되었다. β -glucan solubilase는 endo-glucanase 활성이 없지만, β -glucan solubilase 없이는 세포벽으로부터 β -glucan이 추출되어 나올 수 없고 열에는 상대적으로 안정적인 것으로 보고되었다¹²⁾. β -glucan solubilase 활성은 단지 보리의 껍질과 연관되어 있으며 대부분이 미생물에 의한 오염 때문인 것으로 보고되었다¹¹⁾.

보리의 호분층 세포벽은 약 85%의 arabinoxylan을 포함하는데 이는 β -(1→4)-xylose backbone으로 되어있으며, xylose residue의 2, 3번째에 arabinofuranosyl group들이 대체되어 있다²³⁾. 호분층 세포벽은 약간의 cellulose(8%)와 단백질(6%)을 포함하고 있으며 밀에서 구멍된 바와 같이 배유 세포벽과 유사하다¹⁵⁾.

여러 효소가 세포벽의 arabinoxylan의 분해에 관여하는데 발아하는 종실에 존재하는 이러한 효소들의 활성은 호분층에 있는 gibberellic acid와 ethylene에 의해 증진된다¹⁶⁾. Xylose는 총 5탄당의 60%, arabinose는 40%인 것으로 나타났으며, 또한 많은 양의 free sugar, glucose, fructose를 포함한다. 이는 호분층 세포로부터 GA3에 sucrose의 생성이 증진된 결과로 알 수 있었으며, 세포벽의 분해가 일어나는 60시간의 배양 중에 세포벽을 구성하는 pentose의 2/3가량이 손실되는 결과를 초래하였다.

보리 호분층에 들어있는 xylanase의 분자량, 등전점, 적정 pH는 fungal xylanase와 비슷하다^{17),18)}. 최적 pH는 5.5이고 깻 여과에 의해 결정된 분자량은 29 kD인 것으로 연구되어졌다¹⁵⁾. Endoxylanase는 glycoprotein이 아닌 것으로 관찰되었으며 sulfhydryl 저해제인 potassium bromate, Hg, Cu에 의해 저해되는 것으로 보고되었다. 이는 xylanase가 catalytic activity나 conformation을 위해 thiol group을 요구하는 것을 암시한다.

보리의 pentosan 함량은 품종이나 환경적 변이에 따라 차이가 있다고 하였다. Arabinose, xylose, pentosan 함량, arabinose : xylose, pentosan : β -glucan 비는 환경 및 유전적인 영향을 받는다¹⁹⁾. 보리 품종들의 pentosan 함량은 4.4~7.8%였으며 β -glucan 함량은 3.4~5.7%이었다. Pentosan, β -glucan 함량은 제맥특성 사이에 상관관계가 보고되었다. 2조보리와 6조보리 사이의 차이가 보고된 바 있으며, 6조보리의 pentosan 함량은 2조보리에 비해 높았다.

Xylanase 합성과 regulation에 관한 기작은 잘 알려져 있지 않지만, gibberellic acid와 Ca이 xylanase의 합성을 조정하는 모델이 제시되었다²⁰⁾.

보리의 제맥과정에서 또 하나의 주요한 과정은 α -amylase의 'De novo' 합성이다. 호분층 세포벽에서 α -amylase가 생성되었으며 α -amylase가 형성되고 효소가 배유에 분비되는 동안 지속적으로 요구되었다²¹⁾. Gibberellic acid는 α -amylase와 그 밖의 polypeptide를 생성하기 위한 전체적인 단백질 합성을 재조정하며 α -amylase를 encoding하는 gene의 transcription을 자극하는 것으로 알려졌다²²⁾. 이러한 자극은 식물 호르몬인 abscissic acid(ABA)에 의해 차단될 수 있으며 이것이 transcription이나 translation 중 어느 단계에 발생하는지는 아직 알려지지 않았다.

α -amylase는 전분의 α -(1 \rightarrow 4)-glucosidic linkahge를 가수분해하는 endo-enzyme이며 Ca의 존재는 α -amylase의 구조를 안정화시킨다²⁰⁾. α -amylase는 배유의 변형에 큰 역할을 하지 않으며 때로 부분적인 분해와 전분의 pitting이 보고된 바 있으나 전분분해 정도는 대체로 미미한 편이다. 한편 α -amylase는 발효전당의 생성과 관련이 있는 당화공정에 관여하는 것으로 중요하다¹⁸⁾.

1) 발아 온도와 건조 온도를 달리한 맥아의 Diastatic power(°L)

발아 온도와 건조 온도를 달리하여 전분의 분해에 따른 환원력을 측정하여 맥아의 당화활성을 Table 4에 나타내었다. Diastatic power는 45°C에서 건조할 때가 활성도가 높게 측정되었고, 45°C 건조 중에서도 30°C에서 발아한 맥아가 높게 측정되었다. 발아온도는 높을수록 활성도가 높은 것으로 나타났으며, 건조온도는 낮을수록 당화활성이 높았다.

전체적으로 두산8호와 대영 맥아가 효소활성이 높았다. 45℃에서는 두산8호와 대영이 높고, 50℃에서는 호품 맥아가 높았다. 55℃에서는 삼도 맥아가 45℃와 50℃일 때보다 높게 나타났고, 60℃에서는 비슷하였으며 두산8호가 비교적 높은 활성을 보였다. 당화활성에서 품종별에 따라 약간에 차이가 나타났으며, 두산8호와 대영이 담색맥주용(pale malt, pilsoner malt) 맥아에 알맞은 것으로 보이며, 대부분은 농색맥주(dark malt, Munich malt)용 맥아로 제조하는 것이 알맞은 것으로 보여 진다. 침맥온도와 발아온도의 차가 클수록 맥주 보리의 발아가 잘 되었으며, 당화활성도 높은 것으로 보아 연관관계가 있는 것으로 보인다.

Table 4. Saccharifying activity of malt dried at 45℃

	Germination temperature			
	15℃	20℃	25℃	30℃
Hopum	112	124	135	158
Jeju	106	123	145	159
Doosan8	113	130	149	168
Deayung	111	125	150	166
Dea-a	101	123	135	164
Samdo	106	122	140	159

Table 5. Saccharifying activity of malt dried at 50°C

	Germination temperature			
	15°C	20°C	25°C	30°C
Hopum	107	115	135	154
Jeju	106	112	130	153
Doosan8	104	126	138	158
Deayung	108	122	136	155
Dea-a	104	116	134	148
Samdo	108	111	131	151

Table 6. Saccharifying activity of malt dried at 55°C

	Germination temperature			
	15°C	20°C	25°C	30°C
Hopum	103	114	131	144
Jeju	100	109	125	140
Doosan8	104	121	133	145
Deayung	102	121	131	147
Dea-a	101	107	124	141
Samdo	103	113	135	140

Table 7. Saccharifying activity of malt dried at 60°C

	Germination temperature			
	15°C	20°C	25°C	30°C
Hopum	93	106	128	123
Jeju	94	105	122	127
Doosan8	98	104	138	136
Deayung	93	103	122	135
Dae-a	95	106	120	128
Samdo	96	102	122	129

2) 맥주보리 품종별 맥아의 β -glucan



제주산 맥주보리의 품종별 β -glucan 함량은 Table 5와 같다. 맥주보리가 5~7%이었으며 두산, 대영, 대아가 약 5%로 맥아제조에 알맞은 것으로 보인다. β -glucan는 분자량이 높으며, 단백질과 결합되어 있는 불용성이고, 맥아즙의 점도, 맥주 여과에는 문제가 되지 않지만, 제맥과 맥아즙(wort)의 분리에 영향을 미친다. 맥주보리, 맥아의 β -glucan 함량은 맥아품질을 결정하는 요인이 될 수 있으며, 맥주보리의 제맥에 알맞은 조건을 찾는 데 중요한 자료가 된다. 맥주보리에서보다 발아 후 β -glucan 함량이 낮아졌으며, 25~30°C에서 β -glucanase의 활성이 높은 것으로 보인다.

발아온도를 달리하여 배양한 맥아를 50°C에서 건조하였을 때의 품종별 맥아의 β -glucan 함량은 Table 6에서와 같다. 발아온도가 높아질수록 β -glucan

함량은 줄어들었으며, 건조온도도 높아질수록 그 함량은 감소되는 것을 알 수 있었다. β -glucan는 발아되는 과정에서 합성되어 β -glucanase가 생성되고 활성도에 따라 분해력이 달라진다. β -glucanase는 발아온도에 따라서 활성이 달라지는 것으로 보였다. 맥아의 건조 조건에 따라서도 β -glucan 함량은 차이가 있었으며, 이는 효소활성에 영향을 받는 것으로 보인다. Fig. 4는 건조온도를 달리하였을 경우 25℃에서 발아한 맥아의 β -glucan 함량을 나타내었다.

Table 8. β -glucan content by variety of barley(%)

	Variety					
	Hopum	Jeju	Doosan	Daeyoung	Daea	Samdo
β -glucan(%)	6.22	6.78	4.98	5.24	5.10	5.97

Table 9. β -glucan content by drying at 50℃(%)

Variety	Germination temperature			
	15℃	20℃	25℃	30℃
Hopum	1.34	0.48	0.29	0.15
Jeju	1.41	0.87	0.36	0.21
Doosan	1.02	0.32	0.21	0.14
Daeyoung	1.34	0.38	0.21	0.18
Daea	1.22	0.33	0.30	0.11
Samdo	1.29	0.36	0.26	0.11

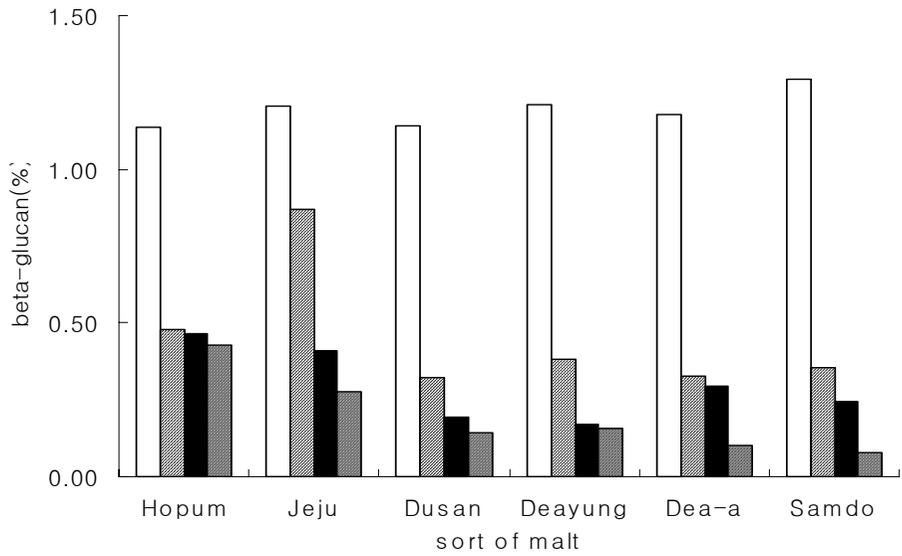


Fig. 7. β -glucan content by drying temperatures germinated at 15°C.

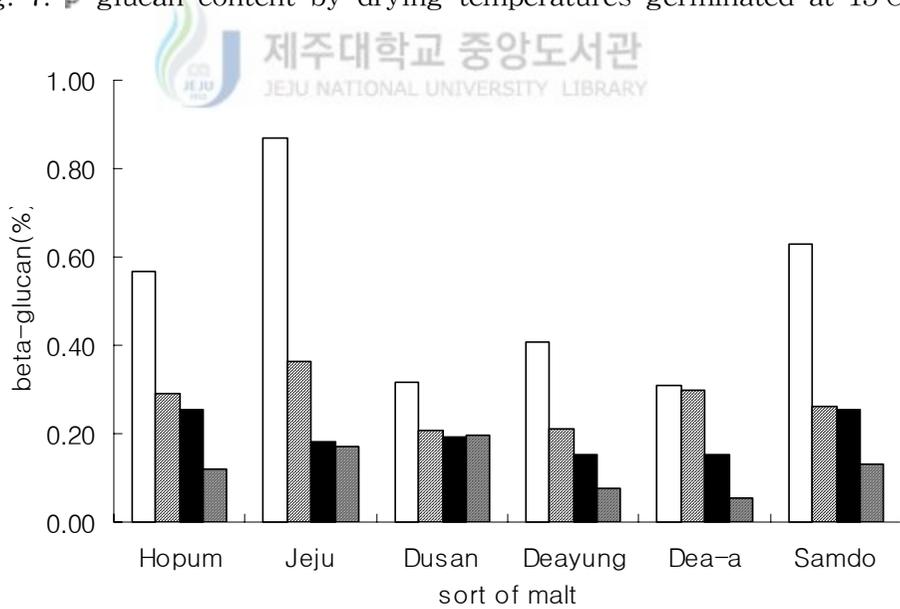


Fig. 8. β -glucan content by drying temperatures germinated at 20°C.

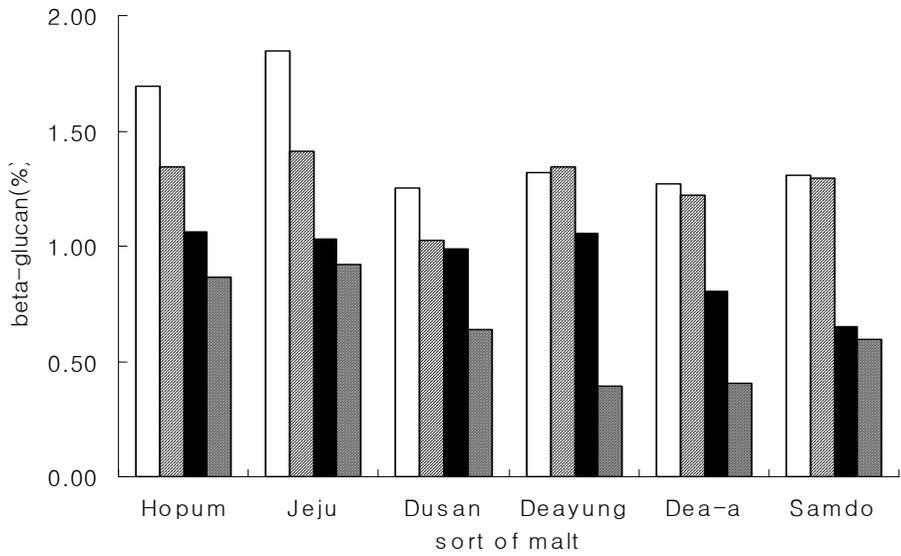


Fig. 9. β -glucan content by drying temperatures germinated at 25°C.

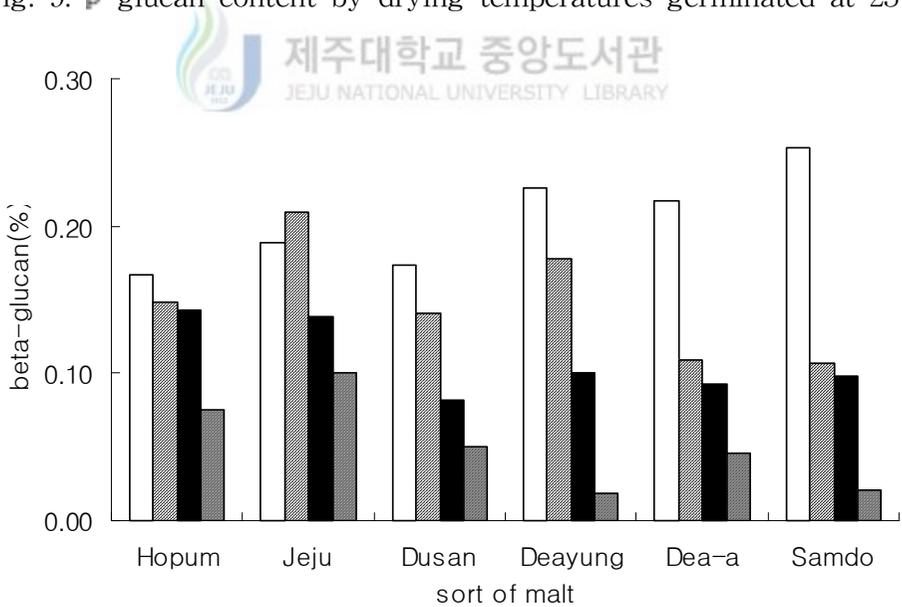


Fig. 10. β -glucan content by drying temperatures germinated at 30°C.

3) α -amylase 활성

두산8호의 발아조건에 따른 α -amylase 활성변화는 fig.5에 나타나 있다. 발아전 보리곡립에는 α -amylase의 활성이 거의 없는 것으로 나타났으며, 발아과정 중 활성이 나타났다. 발아조건이 20℃일 때 1-2일 사이 활성이 급격히 증가하다가 3일부터 서서히 증가되는 것을 볼 수 있으며, 15℃일 때는 5일까지 증가되다가 이 후부터 증가가 둔화되었다. 발아조건이 25℃일 때가 가장 높은 활성을 보이며, 발아시간도 5일로 가장 빨랐다. 15℃인 경우 α -amylase의 활성도가 219(ceralpha unit)로 가장 낮았으며, 25℃일 때 활성도가 353(ceralpha unit)으로 가장 높았다. 그리고 5일 후부터 활성이 감소하기 때문에 두산 8호는 5일 동안 발아하여 건조하는 것이 가장 알맞은 것으로 판단된다.

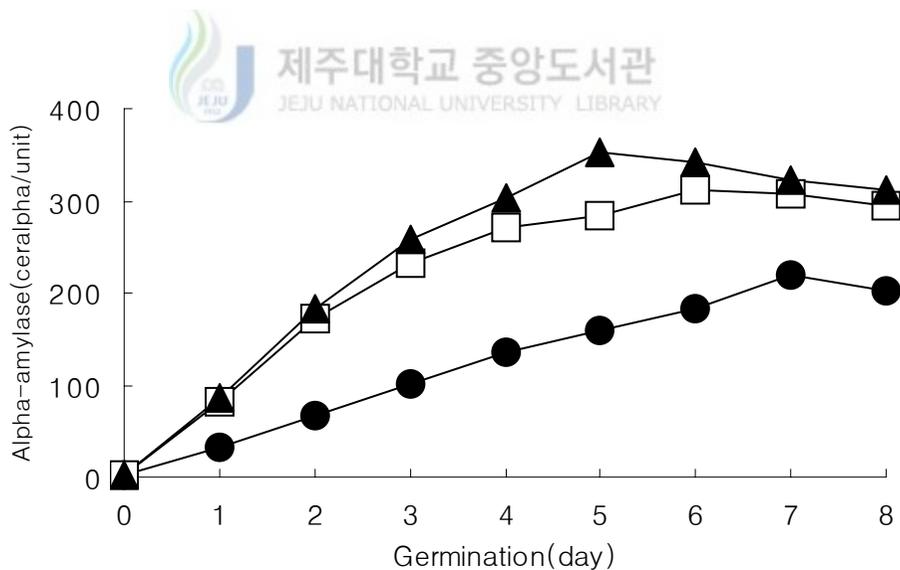


fig.11 Change of α -amylase activity in Doosan-8 barley by germination temperature

●—● 15°C □—□ 20°C ▲—▲ 25°C

4) β -amylase 활성

β -amylase는 전분을 말효전당으로 분해하는 효소로 맥주보리 곡립에서 amyolytic 활성에 중요한 역할을 한다.

맥주보리는 원맥상태에서도 β -amylase가 상당한 활성을 지니고 있다. 두산 8호는 약 520 (betamy unit)이 활성도를 가지고 있으며, 발아과정에서 β -amylase활성이 증가되는 것으로 나타났다.

발아조건이 25℃ 일 때 가장 높은 활성을 보이며, 5일 동안 발아하여 효소 활성을 높일 수 있어 알맞은 조건으로 판단된다.

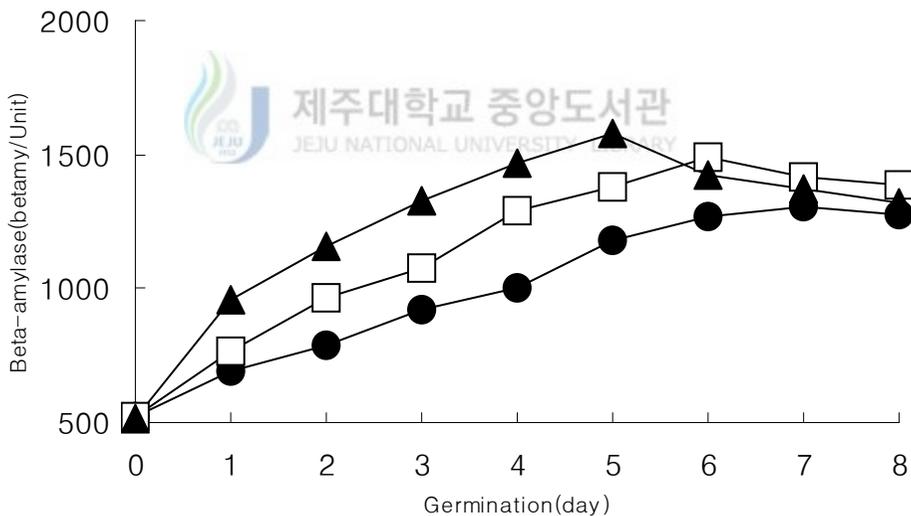


fig.12 Change of β -amylase activity in Doosan-8 barley by germination temperature

●—● 15℃ □—□ 20℃ ▲—▲ 25℃

5) β -glucanase

맥주보리의 β -glucanase의 활성화에 관한 연구로 보리는 β -glucan endohydrolase 활성은 호분층과 배유에 밀집되어 있었으며 약간의 활성이 겹질, embryo(배아)와 scutellum에 존재하였다²⁵⁾고 하였다. β -glucanase의 활성은 품종 및 제맥조건에 따라 발아 5일이나 그 이후에서 최고 활성을 나타내는 것으로 조사되었다²⁶⁾. 제맥 후 2일부터 증가하여 5일 이후 최고 활성을 나타내나 비슷하게 나타났다.

발아조건이 20℃와 25℃에서는 1일에서 3일동안 효소의 합성이 급격히 증가하였다. 두산 8호의 β -glucanase 활성은 발아과정 중 증가하였을 뿐 아니라, 특히 20℃와 25℃에서 활성차가 나지 않았다.

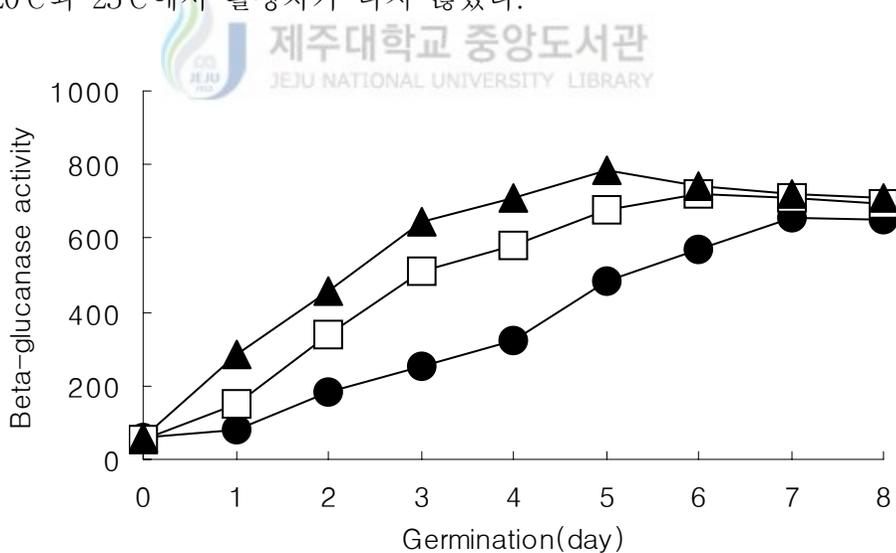


fig.13 Change of β -glucanase activity in Doosan-8 barley by germination temperature

●—● 15℃ □—□ 20℃ ▲—▲ 25℃

table 10. Color of barley

	chromaticity		
	L	a	b
Hopum	58.12	4.60	17.52
Jeju	60.10	4.05	18.93
Dusan	59.73	4.19	17.55
Deayung	58.34	4.14	16.52
Dea-a	56.89	3.43	15.81
Samdo	55.76	3.93	15.46

table 11. Color of malt dried at 50°C

	chromaticity		
	L	a	b
Hopum	57.12	5.54	8.08
Jeju	57.63	4.88	18.42
Dusan	58.36	4.82	18.55
Deayung	56.67	4.33	16.59
Dea-a	57.31	3.47	16.24
Samdo	58.56	3.90	16.53

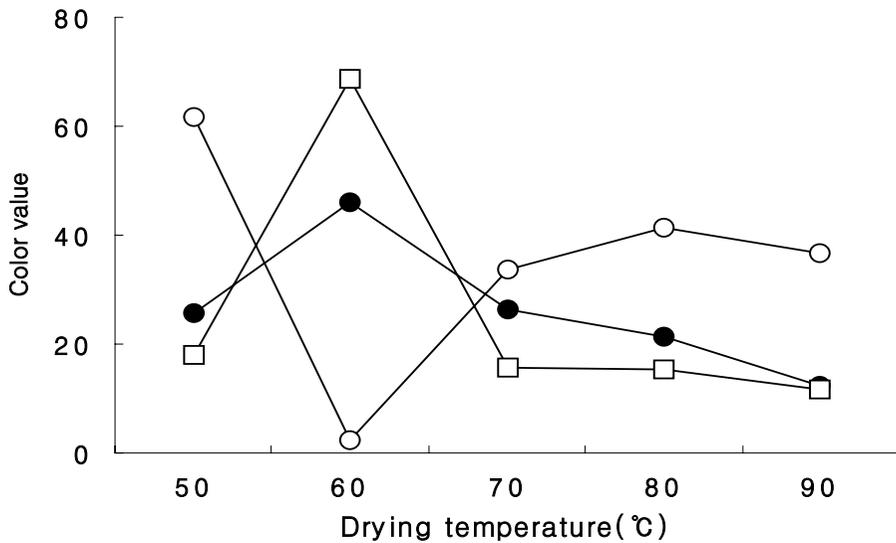
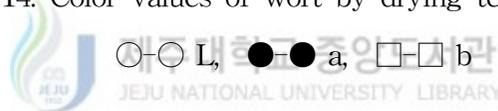


Fig. 14. Color values of wort by drying temperatures.



맥아의 건조온도는 맥주의 색깔과 향기에 영향을 주는 중요한 요인이다. 건조온도를 달리하여 제조한 맥아를 이용하여 맥아즙을 제조하였을 경우 색깔의 변화는 Fig. 5에서 보는 바와 같이 60°C에서 건조하였을 때 a, b값이 높고 L값이 낮았다. 고온에서는 단백질의 변성 등으로 투명한 맥아즙이 생겼으며, 비효소적 갈변에 의한 맥아즙의 색깔이 건조온도에 따라 크게 영향을 주는 것으로 판단된다. 따라서 목표로 하는 맥주의 제조에 있어서 맥아의 건조온도가 중요한 역할을 하게 됨을 알 수 있었다. 맥아의 효소의 활성화로 인해 45°C에서 건조된 맥아와 고온에서 건조된 맥아를 혼합하여 다양한 맥주를 양조할 수 있으며, 향기와 색깔에서 독특한 맥주를 만들 수 있는 것을 알 수 있었다.

Table 12에서 보는 바와 같이 50°C에서 건조한 맥아의 환원당 함량이 가장 높은 값을 나타냈으며, 90°C에서 건조한 맥아가 가장 낮았다. 맥아즙을 제조하기 위하여 25°C

부터 95℃까지의 열처리애 따른 변화를 보면 효소작용으로 50℃에서 환원당이 급속히 증가하는 것을 알 수 있었다. 65℃부터는 크게 증가되지 않고 일정한 값이 유지되었다. 본 연구에서는 제주산 맥주보리 중에 주로 재배되고 있는 두산 8호의 침맥을 약 35시간동안 시킨 후 발아시켜 50℃에서 수분 함량이 8%가 되도록 건조하는 방법이 맥주를 제조하는데 가장 좋았다.

Table 12. Proximate constituents of malt by drying temperature

Drying temperature	moisture	crude protein	crude fat	starch	reducing sugar	ash
50℃	8.35	10.26	1.40	42.87	30.55	1.85
60℃	8.04	10.37	1.80	45.13	27.90	2.00
70℃	7.88	10.53	2.00	46.24	22.27	2.05
80℃	5.67	10.69	2.90	49.43	14.11	2.10
90℃	4.58	11.37	3.00	50.53	11.33	2.25

6. 맥주 양조

맥주보리를 침지하는 온도에 따라 수분흡수량이 달라져 발아시간에 차이가 있었으며, 침지온도가 25℃ 이상을 유지할 때 제조한 맥아에서 향기가 좋았다. 맥아의 건조에서약 50℃에서 10시간 동안 건조하는 것이 맥아 중의 효소활성을 유지하는데 도움을 주었다. 맥아에 첨가하는 가수량에 따른 가용성고형물은 fig. 13에서 보는 바와 같다.

분쇄한 맥아에 첨가하는 물의 양과 당화온도에 따라 당화액의 점성이 달라져 여과에 차이가 있었다. 45℃정도에서는 단백질분해효소의 활성이 높아져 단백질

질의 분해가 일어나고 맥주가 혼탁되는 경향을 보였다. 60~65℃의 온도를 일정하게 유지해주는 것이 비교적 맑은 당화액을 얻을 수 있어서 당화효소의 활성을 안정화시키는데 좋은 결과를 얻었다. 가수량이 적을 경우 당화액의 가용성고형물은 많아지나, 점성이 커져 교반이 어렵고 부분적인 과열로 탄화되는 경우도 발생하였다. 반대로 가수량이 많으면 맥주발효에 알맞은 당 농도를 조절하기 어렵고 농축할 경우에는 혼탁되기도 하였다.

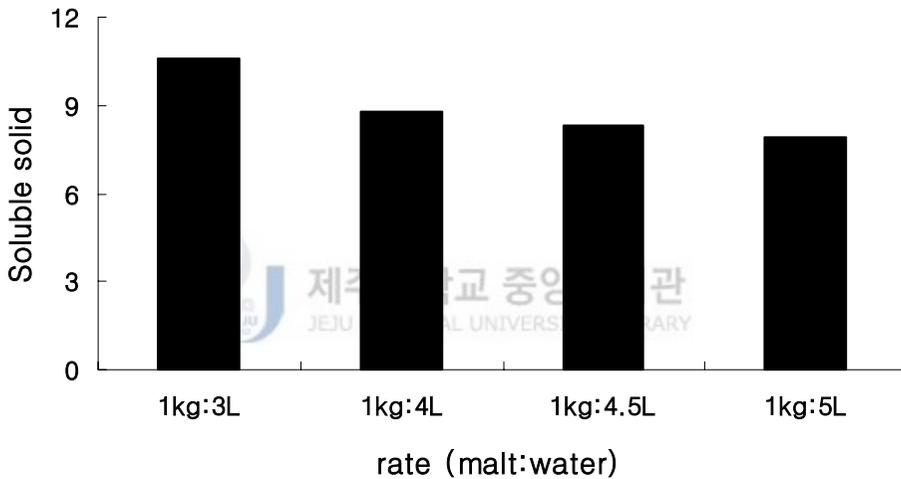


Fig. 15. Soluble solids by water-adding

당화가 끝난 맥아즙은 80℃에서 끓이면 8.7°BRIX에서 9.0°BRIX로, 그리고 90~100℃이상로 올릴 경우 2시간 정도에 14.0°BRIX로 농축되었다. 가열온도에 따라 맥아즙의 색깔이 달라져 맥주의 색깔을 조정하는 일이 가능할 것으로 판단되었다.

당화액을 끓이는 과정에서 hop의 첨가량에 따라 맥주의 맛과 향이 달라짐을 알 수 있었다(Table 13). 국내에서 생산되는 일반맥주는 독일맥주나 일본맥주에 비하여 hop량을 줄인 형태로 III type에 해당되는 것으로 판단된다. 따라

서 지역맥주의 생산형태를 차별화하기 위하여 맥주의 색깔을 갈색으로 하고, hop은 II와 IV type 형태로 제조하였다.

여과할 때에는 맥아의 껍질이 여과조제 역할을 함으로써 맥아분쇄에도 지나치게 미분쇄가 일어나지 않도록 하였다. 여과기에서는 먼저 맥아껍질을 넣어 여과층을 형성하게 한 다음 천천히 맥아즙을 넣어 여과층을 통과하면서 맑은 여과액을 얻었다.

처음에 흘러나온 맥아즙은 8~9°BRIX였으며, 여과층에 남아있는 당을 회수하기 위하여 80℃의 물을 부어 흘렸을 때 여과되어 나오는 맥아즙은 최종 2°BRIX가 되도록 하였다. 전체의 맥아즙은 8.75°BRIX에 200ℓ 정도를 얻었다.

Table 13. Taste of beer added 60g of hop in 40L of beer during boiling of wort

sample	Hop addition time and amount			Taste of beer
	0hr	1hr	2hr	
I	60g	-	-	strong bitter taste, good flavor
II	25g	25g	10g	strong bitter taste, weak hop-flavor
III	10g	30g	10g	medium bitter taste, medium hop flavor
IV	5	15g	30g	weak bitter taste, good flavor
V	-	-	60g	very weak bitter taste, very strong flavor

여기에서 얻어진 맥아즙을 boiling tank로 옮겨 80℃에서 끓이기 시작하여 약 100℃가 되면 2시간동안 끓였다. 이 과정에서 hop를 넣는 시간과 양에 따라 맥주의 맛과 향이 달라졌다(Table 13).

23~25℃의 물에 시판하는 yeast powder 또는 액상효모를 넣어서 30분간 교반한 다음 맥아즙을 넣었다. air pump을 이용하여 산소공급이 충분하도록 하였으며, 효모가 생리적으로 안정화될 수 있게 하였다. 발효과정에서 1일째에

약간의 거품이 생성되었으며, 2일째부터는 거품생성량이 많아지면서 3일째에 거품 층이 두꺼워졌다. 4일째에 거품 층이 두께가 약 7cm 정도였으며, CO₂가 생성되면서 기포가 일어났다. 5일째부터는 hop 향이 줄어들고 효모 향이 나면서 맥주의 특유한 향이 나기 시작하였다. 6일째에는 거품이 줄어들면서 hop와 효모의 향이 잘 어울리지면서 맥주의 향이 강해졌다.

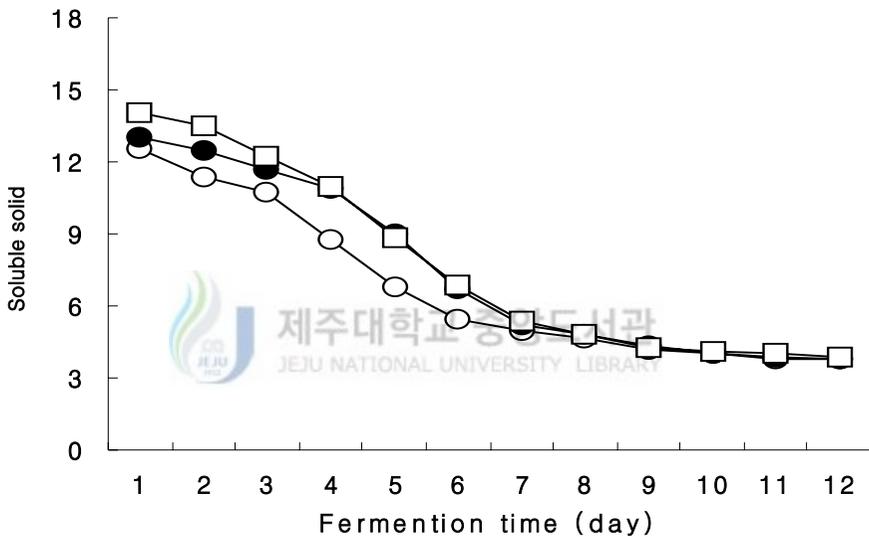


Fig. 16. Changes of soluble solids during fermentation.

Final ethanol concentration - 5.0%, ●-● 5.2%, □-□ 5.6%

Table 14. Physical properties of beer prepared in this experiment

	Plisener	Ale
Soluble solids(°BRIX)	4.0~4.2	4.1~4.7
Ethanol concentration	4.5~4.7	5.3~5.5
Extract(%)	3~5	3~5
Specific gravity	1.014	1.055
Color at UV	4.3	10.2
Bitter taste(IBU)	30~40	30~40

7. 맥주의 소비자 기호도

개발된 필스터 타입 맥주에 대한 소비자 기호도는 응답자의 63%가 보통 이상의 기호도를 보여 소비자들이 제품에 대하여 높은 수용도를 나타내었다.(fig. 17) 에일 타입의 맥주에 대해서도 응답자의 76%가 ‘보통으로 좋다’의 이상으로 반응을 보였다(fig. 18). 지역맥주의 구매여부에 대한 설문에 응답자의 50%가 ‘아마 살 것이다’, 그리고 21%가 ‘반드시 사겠다’로 반응하여 구매의사가 높음을 알 수 있었다(fig. 19).

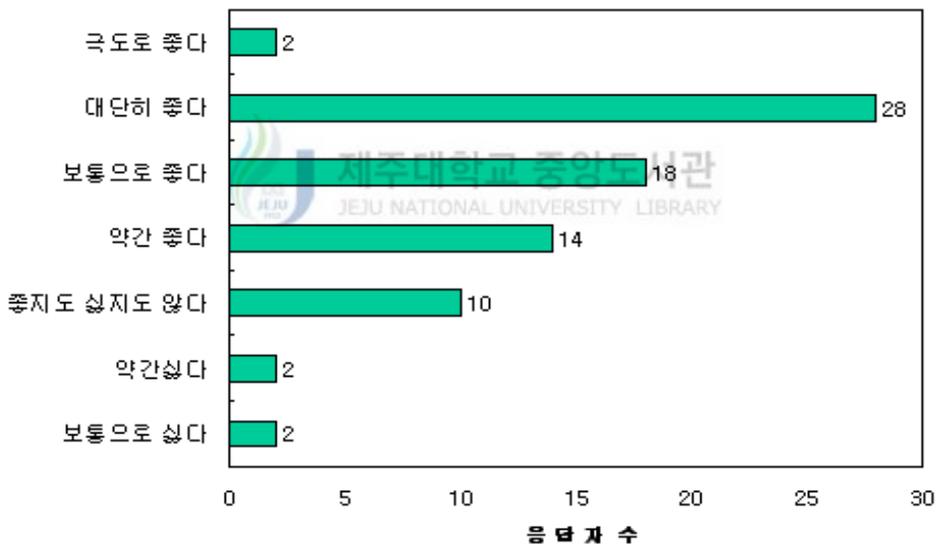


Fig. 17. Results of consumer preference Test for Pilsner type beer.

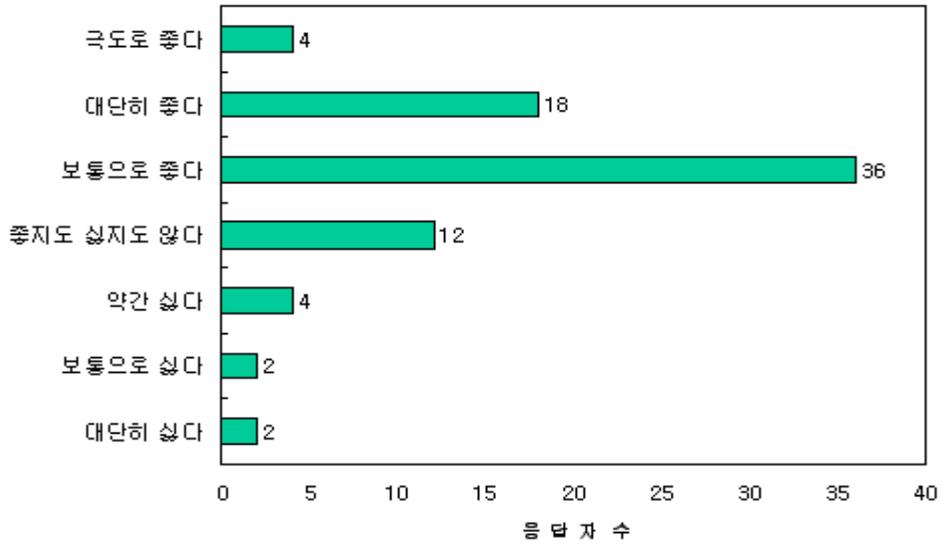


Fig. 18. Results of consumer preference Test for Ale type beer.

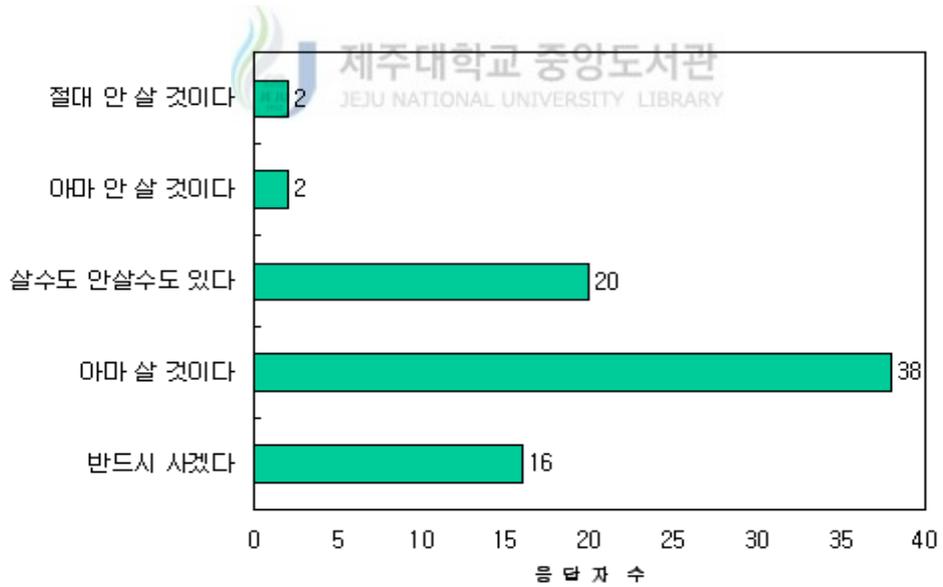


Fig. 19. Purchase opinion for specimen of developed beers.

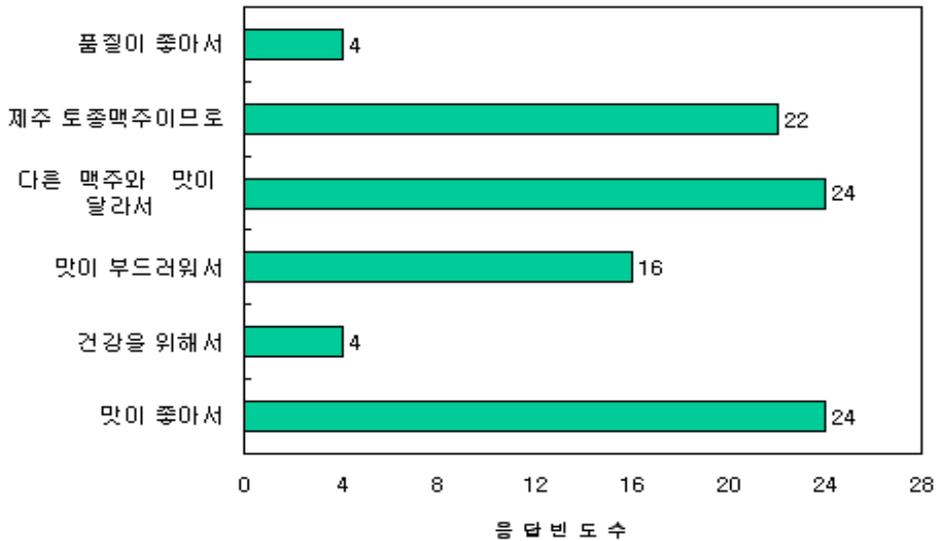


Fig. 20. Purchase reason for specimen of beer(Answer is possible doubly)

또한, ‘구매의사가 있다’라고 응답한 소비자들에게 구매이유에 대하여 설문한 결과(복수응답 가능함), ‘맛이 좋아서’와 ‘다른 맥주와 맛이 달라서’ 그리고 ‘제주토종맥주이므로’ 등의 이유로 구입하겠다고 답하여(fig.20), 본 제품은 품질이 양호하고 다른 시판 맥주의 맛과 차별화된 제주토종 맥주라고 할 수 있다. 결론적으로 본 개발 맥주제품이 소비자들의 선호도가 높아 제주지역맥주로서의 상품화 가능성을 예측할 수 있었다. 한편, 필스너 타입과 에일 타입의 맥주에 대하여 차이가 있는지 여부를 알아보기 위하여, 단순차이검사(simple difference test)를 실시한 결과는 Table 15와 같다.

X^2 -검정방법을 사용하여 계산된 수치는 28.96이었으며*, 이 수치는 X^2 분포표의 0.005%의 유의수준에서 7.884보다 크므로, 두 가지 방법으로 제조한 맥

* $X^2 = \sum(O-E)^2/E$, O는 응답수, E는 기댓값
 $E = 19 \times 20 / 40 = 9.5$, $E = 21 \times 20 / 40 = 10.5$
 $X^2 = (18-9.5)^2/9.5 + (1-9.5)^2/9.5 + (2-10.5)^2/10.5 + (19-10.5)^2/10.5 = 28.96$

주의 향미는 통계적으로 유의한 차이가 있다. 따라서 개별적으로 방법을 달리 하여 제조된 두 타입의 맥주는 향미가 현저하게 다르므로 고유의 품질특성을 잘 반영하는 맥주임을 말한다.

따라서 개발된 필스너 타입과 체일 타입의 맥주에 대하여 소비자 기호도 조사를 수행한 결과, 소비자들로부터 선호도가 높아 제주지역맥주로서의 상품화 가능성을 예측할 수 있었으며, 제조된 두 타입의 맥주는 향미가 현저하게 달라 고유의 품질특성을 잘 반영하는 맥주이었다.

Table 15. Results of simple difference test for Pilsner-type beer and Ale-type beer

same/ different	paired sample		sum
	same pair(AA)	different pair(BA)	
same	18	1	19
different	2	19	21
sum	20	20	40

A: Plisener-type beer, B: Ale-type beer

국내에서도 많은 양의 맥주보리가 생산되고 있으나 품질관리가 제대로 이루어지지 않고 있으며, 일반 맥아제조회사에서는 맥주보리의 원료특성에 따른 맥아가 생산되지 않고 있다. 이에 따라 국내산 맥아는 품질이 떨어져 맥주제조용으로는 부적합하다는 인식을 가지고 있다. 본 연구에서는 제주산 맥주보리를 이용하여 맥아를 제조하였고, 이 맥아를 이용한 맥주가 품질이 매우 우수하다는 점에서 지금까지의 마이크로브로이맥주 제조업자들의 부정적인 인식에서 벗어나게 하였으며 산업적인 성공 가능성을 제시하였다는데 의의가 있다.

IV. 요약 및 결론

제주산 맥주보리 품종에 따른 맥아특성을 알아보기 위하여 15~30℃ 발아온도와 50~65℃ 건조온도를 달리하여 맥아를 제조하였다. 침맥 시간이 길수록 뿌리의 길이가 빨리 길어지고, 맥아에 들어있는 환원당 함량도 증가하였다. 25~30시간동안 침맥 후 20~25℃에서 발아시키는 것이 알맞은 것으로 판단되었다. 30℃ 이상에서 발아시킬 때는 오염된 미생물의 증식에 의해 발아가 순조롭지 못하였으며, 15℃에서는 발아되는 기간이 길고 발아율도 떨어졌다. 환원당 함량은 맥주보리에서는 1%이하였지만, 맥아에서는 환원당이 증가하여 대부분 25% 정도이었다. 맥아의 단백질 함량은 호품만 10% 이하였으며 두산 8호와 제주, 대영은 약 10%이었다. 삼도와 대아는 단백질 함량이 12% 이상으로 Pilsener type의 맥주제조는 좋지 않았다.

β -glucan 함량은 5~7%이었다. 발아온도가 높아질수록, 그리고 건조온도가 높아질수록 β -glucan 함량은 감소하였다. 발아온도 25℃일 때가 α -amylase의 활성이 353 unit로 가장 높았다. 제주산 맥주보리 중에 주로 재배되고 있는 두산 8호의 침맥을 약 35시간 동안 처리한 후 발아시켜 50℃에서 수분함량을 8%가 되도록 건조하는 방법이 Pilsener type 맥주를 양조하는데 가장 적합하였다.

제주산 맥주보리로 제조한 맥아를 사용하여 파일럿 규모로 맥주양조시험을 수행하였다. 상면 발효(Ale beer)는 pilsener malt 와 caramel malt를 30 : 2의 비율로 맥아를 혼합하여 분쇄한 후 물과 맥아의 비율을 10 : 3으로 처리하고 65℃

에서 2시간동안 당화를 시켰다. 당화액은 여과하여 95~100℃에서 2시간 끓인 후에 23℃에서 10일간 발효하였다. 1차 발효를 끝난 다음에 숙성탱크로 옮겨 0~2℃에서 1개월간 숙성을 시켰다.

하면 발효(pilsener beer)는 pilsener malt와 물을 2.5 : 10의 비율로 하였으며, 9~11℃에서 1차 발효를 시키고 0~2℃에서 1개월간 2차 발효를 거쳐 맥주를 생산하였다. hop를 넣는 시간과 양에 따라 맥주의 맛과 향이 달라졌다. 시제품에 대한 관능검사 결과 필스너 타입과 에일타입 맥주 모두 향기와 맛을 잘 유지하고 있는 것으로 평가되었다. 필스너 맥주는 63%, 에일 맥주는 76%로 보통 이상의 선호도를 보였으며, 70%이상이 구매의사가 있는 것으로 나타났다.



V. 참고문헌

1. 하용웅 (2000) 보리, 농촌진흥청 작물시험장, pp. 368-373.
2. 고정삼 (1998) 식품분석실험, 제주대학교 출판부, pp. 10-67.
3. Krunze (1996) Technology brewing and malting, VLB, Berlin, pp. 88-167.
4. McCleary, B. V. and Glennie-Holmes, M. (1985) Enzymic quantification of (1-3)(1-4)- β -D-glucan in barley and malt, J. Inst. Brewing, 91, 285-295.
5. Mathewson, P. R. and Seabourn, B. W. (1983) J. Agric. and Food Chem., 31, 1322-1326.
6. McCleary, B. V. and Codd, R. (1989) Measurement of β -amylase in cereal flours and commercial enzyme preparations J. Cereal Sci., 9, 17-33.
7. Erdal, K., Jensen, M. O., kristensen, M., Krogh, J. J., Riis, P. and Vaag, P., E. B. C. proceedings of the 24th European Brewery Convention Congress, Oslo, 1993, 147.
8. McCleary, B. V. and Sheegan, H. (1987) Measurement of cereal α -amylase, A new assay procedure, J. Cereal Sci., 6, 237-251.
9. McCleary, B. V. and Shameer, I. (1987) Assay of malt β -glucanase using Azo Barley Glucan, an improved precipitant, J. Inst. Brew., 93, 87-90.
10. Rotter, B. A., Marquardt, R. P., Guenter, W. and Crow, G. H. (1990) Evaluation of three enzymic methods as predictors of in vivo response to enzyme supplementation of barley-based diets when fed to young chicks, J. Sci. Fd. Agric., 50, 19-27.
11. American Association of Cereal Chemists, Approved Methods of the AACC, The Association, St. Paul, Minnesota (1983) method 14-23 vol. 2 8th Ed

12. Yin, X.S. and MacGregor, A.W. (1988) An approach to the identification of a β -glucan solubilase from barley. *J. inst. Brew.* 95, 327-330
13. Chan H.Y. and Baker, C.W. Influence of β -glucanase activity on malt modification. *J. Am. Soc. Brewing Chemists*, 3340 Pilot Knob Road, St. Paul, MN 55121 34, 127-132
14. 이영택(1998), 당화용 엿기름의 효소력가 증진 및 품질기준설정에 관한 연구, 농림부 58-59
15. Taiz, L and Honigsmann, W.A. (1976) Production of cell wall hydrolyzing enzymes by barley aleurone layers in response to gibberellic acid. *Plant Physiol.* 58, 380-384
16. Benjavongkulchai, E. and Spencer, M.S. (1986) Purification and characterization of barley-aleurone xylanase. *Planta*, 169, 415-419
17. Dekker, R.F.H. and Richards, G.N. (1976) Hemicellulases (1976) Their occurrence, purification properties and mode of action. *Adv. Carbohydr. Chem. Biochem.* 32, 272-357
18. Dashek, W.V. and Chrispeels, M.J. (1977) Gibberellic-acid-induced synthesis and release of cell-wall-degrading endoxylanase by isolated aleurone layer of barley. *Planta*, 134, 251-256
19. Henry, R.J. (1986) Genetic and environmental variation in the pentosan and β -glucan contents of barley, and their relation to malting quality. *J. Cereal Sci.* 4, 269-277
20. Benjavongkulchai, E. (1986) Barley aleurone xylanase purification, characterization, synthesis and roles in cell wall degradation and some release. Ph.D. Thesis, University of Alberta, Edmonton, Alberta.

169, 415-419

21. Chrispeels, M.J. and Varner, J.E. (1967) Gibberellic acid-enhanced synthesis and release of α -amylase and ribonuclease by isolated barley aleurone layers. *Plant Physiol.* 41, 398-406
22. Mundy, J. and Munck, L. (1985) Synthesis and regulation of hydrolytic enzymes in germinating barley. pp 139-148 : *New Approaches to Research on Cereal Carbohydrates.* R.D. Hill and L. Munck ed. Elsevier Science Publishers B.B. Amsterdam
23. McNeil, M. albersheim. P.tar, L. and Jones, R.L. (1975) The structure of plant cell walls VII. Barley aleurone cell walls. *plant physiol.* 55, 64-68
24. Banasik, O.J. Myhre, D. and Harris, R.H. (1956) A micro-malting method for nursery samples. *Brewer's Digest*
25. Ballance, G.M., Meredith, W.O.S. and Laberge, D.E. (1976) distribution and development of endo- β -glucanase activities in barley tissues during germination. *can.J. plant Sci.*, 56, 459-466
26. Brunswick, P, Manners, D.J. and Stark, R.J. (1988) Degradation of isolated barley endosperm cell walls by purified endo-(1 \rightarrow 3)(1 \rightarrow 4)- β -D-glucanase and malt extracts. *J. Cereal Sci.*, 7(2),153-168
27. 하용웅 (2000) 보리, 농촌진흥청 작물시험장, pp. 382-383
28. 하용웅 (2000) 보리, 농촌진흥청 작물시험장, pp. 383-384