

엿기름의 효소활성과 관련한 보리의 품질특성

이영택 · 서세정* · 장학길

경원대학교 식품생물공학과, *농촌진흥청 작물시험장

Quality Characteristics of Barley Varieties Related to Enzymatic Activity in Malt

Young-Tack Lee, Se-Jung Seo* and Hak-Gil Chang

Department of Food and Bioengineering, Kyungwon University,

*Crop Experiment Station, Rural Development Administration

Abstract

Sixteen domestic barley varieties and subsequently produced malts were evaluated for quality characteristics. Diastatic power(DP), complementary actions of amylases in malt, had a wide variation(139~220°L) among the barley varieties. Some 6-row barley varieties demonstrated significantly high DP values. β - and α -amylase activities in malts were also significantly influenced by barley varieties. Diastatic power was highly correlated with β -amylase activity, indicating that the β -amylase activity was a predominant factor determining saccharifying action in malt. Amylograph was used to indirectly estimate starch-degrading enzymatic activity, and the reduction in amylograph viscosity was associated with α -amylase activity. Barley quality factors in relation to enzymatic activity of malt were analyzed, and the barley variety with lower kernel weight and less plumper kernels tended to produce higher starch-degrading enzyme activity. Potential diastatic power, an estimate of bound β -amylase in raw barley, was associated with diastatic power in the final malt. Potential diastatic power turned out to be an important factor for predicting good malting barley.

Key words : barley, malt, diastatic power, amylases

서 론

엿기름은 전통적으로 겉보리를 원료로 하여 침맥, 발아, 건조 등의 과정을 거쳐 제조되며 amylase의 효소원으로 오래전부터 식혜, 장류, 물엿, 맥주 등의 제조에 널리 사용되어 왔다. 엿기름을 사용하는 가공제품 중 식혜가 현대인의 기호에 맞게 상업적으로 제조되어 전통음료로서의 시장이 크게 성장되었으며 산업적인 공정개발이 확립되어 있다. 식혜의 품질은 전분질이 엿기름의 당화효소로 인해 분해된 maltose 등 당류에 주로 기인하여 특유의 풍미를 제공하기 때문에 엿기름의 품질이 매우 중요시되고 있으며⁽¹⁾ 이에따른 고품질의 엿기름 공급이 요구되고 있는 실정이다. 특히 당화공정에서 전분의 당화에 관여하는 엿기름의 당화효소 작용은 매우 중요하여⁽²⁾ 엿기름의 제조공정이 적절히 관리되지 않으면 엿기름의 효소력가가 균일하

게 유지되지 않는 등 엿기름의 품질에 문제가 따르기 때문에 엿기름의 적절한 당화효소력을 확보할 수 있는 제조공정이 확립되어야 한다.

엿기름의 전통적인 제조는 식혜의 제조법에 대한 여러 고문헌 등에 기록되어 있고⁽³⁾ 최근에는 식혜제조시 당화력이 높은 맥아의 제조조건⁽⁴⁾, 발아조건별 당화용 엿기름의 분해효소 활성⁽⁵⁾, 그리고 겉보리 뿐 만 아니라 쌀보리와 밀을 사용한 엿기름의 특성 등 엿기름의 제조조건 및 특성⁽⁶⁾에 대하여 연구된 바 있다. 그러나 보리의 품종별 특성이 엿기름의 당화력에 어떠한 영향을 미치는가에 대하여서는 아직까지 제시된 바 없고 당화용 보리의 품종 선발에 적절한 기준이 없는 상태이기 때문에 양질의 엿기름 생산을 위한 품질기준의 설정이 필요시 되고 있다. 따라서 본 연구에서는 국내산 겉보리 및 쌀보리 등 16종의 보리를 이용하여 제조한 엿기름의 품질을 분석하여 보리원맥의 품종에 따른 품질특성이 엿기름의 전분분해 효소활성도에 미치는 영향을 조사하였으며, 이를 고품질 엿기름 제조를 위한 품종선발의 근거로 활용하고자 하였다.

Corresponding author : Young-Tack Lee, Department of Food and Bioengineering, Kyungwon University, Seongnam 461-701, Korea

재료 및 방법

보리시료

엿기름 제조에 사용한 보리는 6조 걸보리 13품종(강보리, 낙영보리, 대진보리, 밀양걸보리, 새강보리, 새알보리, 새을보리, 알보리, 오월보리, 울보리, 찰보리, 큰알보리, 탐골보리), 2조 걸보리 1품종(진양보리), 쌀보리 2품종(진쌀보리, 새찰쌀보리)으로 모두 16품종을 사용하였다. 보리 시료는 1996년도 수원에서 수확되었으며 농촌진흥청 작물시험장 맥류과로부터 제공받았다.

엿기름의 제조

엿기름의 제조는 제맥기(Nordon Co., France)를 사용하였다. 품종별로 정선된 보리 시료 200 g을 15°C 침맥조에 넣고 48시간 침맥하였으며 15°C 발아조내의 발아통에서 4일간 발아시킨 후 배조기에서 45°C로 24시간 동안 건조하였다.

보리 및 엿기름의 품질분석

보리의 수분함량, 용적중, 천립중, 발아율은 ASBC 방법⁽⁷⁾에 의해 측정하였다. 보리곡립의 크기는 KM Barley Sieving Grader(Kiya Seisakusho, Ltd., Japan)를 사용하여 EBC방법⁽⁸⁾에 의해 결정하였다. 엿기름의 수분함량, 천립중, 초엽의 길이는 ASBC 방법⁽⁷⁾으로 측정하였다. 제맥후의 손실은 보리의 엿기름 제조시 중량의 손실로서 [보리의 중량(d.b.) - 엿기름의 중량(d.b.)] × 100/보리의 중량(d.b.)으로 계산하였다. 보리와 엿기름의 단백질 함량은 AACC방법⁽⁹⁾에 의해 Tecator Kjeltac Auto 1030 Analyzer(Tecator, Sweden)를 사용하여 측정하였으며 질소계수 6.25를 적용하여 건물중에 대한 %로 계산하였다.

Diastatic Power 측정

엿기름의 diastatic power는 AACC방법⁽⁹⁾ 22-16에 준하여 측정하였다. 즉, 잘 분쇄한 엿기름 시료 5 g(± 0.01 g)을 E-flask에 넣고 증류수 100 mL를 넣은후 20°C로 유지된 항온수조에 2시간 반 동안 20분 간격으로 매우 조심스럽게 돌려서 저어주며 추출한 다음 여과하였다. 2 mL의 엿기름 추출물을 20°C로 유지된 100 mL 전분용액(2%, w/v)에 넣고 혼합하여 30분동안 반응시켰으며 10 mL의 0.5 N NaOH 용액을 넣어 잘 혼합하였다. 엿기름 추출물에 의해 분해된 전분용액 5 mL를 취해 10 mL alkaline ferricyanide 시약을 첨가하여 반응시키고 요오드 적정법에 의해 0.05 N sodium thiosulfate 용액으로 적정하여 산출하였다. 보리의 잠

재적 당화력(potential diastatic power)은 엿기름 대신 보리원맥을 시료로 하여 측정하였다.

β-Amylase 활성 측정

β-Amylase 활성은 β-amylase assay kit(Megazyme, Ireland)를 사용하여 McCleary와 Codd의 Betamyl 방법⁽¹⁰⁾으로 측정하였다. 0.5 g의 엿기름 시료에 5.0 mL 추출 buffer를 넣고 20°C에서 1시간동안 효소를 추출하였으며 원심분리(1,000×g, 10분)하여 추출액을 분리하였다. PNPG5(p-nitrophenyl maltopentaoside)를 포함하는 기질용액 0.2 mL를 튜브에 넣고 효소추출액 0.2 mL를 첨가한 후 40°C에서 10분간 반응시켰으며 3.0 mL의 반응종결시약을 넣고 튜브 내용물을 저어주었다. 반응후 생성된 p-nitrophenol에 의한 색의 발현은 β-amylase에 의한 maltose의 생성속도와 직접적인 관련이 있으며 이에따른 반응 내용물의 흡광도를 410 nm에서 측정하였다. 1 Unit의 효소활성은 1분동안 PNPG5로부터 p-nitrophenol 1 micromole을 생성하는데 필요로 하는 효소의 양으로 정의되며 Betamyl unit으로 표시되었다.

α-Amylase 활성 측정

α-Amylase 활성은 α-amylase assay kit(Megazyme, Ireland)를 사용하여 McCleary와 Sheehan의 Ceralpha 방법⁽¹¹⁾으로 측정하였다. 엿기름 0.5 g을 100 mL 정용 플라스크에 넣고 1% sodium chloride+0.02% calcium chloride+0.02% sodium azide 용액으로 정용하였으며 20°C에서 15분동안 효소를 추출한 후 원심분리(1,000×g, 10분)하였다. BPNPG7(blocked p-nitrophenyl maltoheptaoside)을 포함하는 α-amylase 기질용액 0.2 mL를 테스트 튜브에 넣고 희석된 효소 추출물 0.2 mL를 첨가하여 40°C에서 10분간 반응시켰으며 반응후 생성된 p-nitrophenol의 흡광도를 410 nm에서 측정하였다. 1 Unit의 효소활성은 1분동안 BPNPG7로부터 p-nitrophenol 1 micromole을 생성하는데 필요로 하는 효소의 양으로 정의되며 Ceralpha unit으로 표시되었다.

엿기름에 의한 amylograph 점도

엿기름의 효소활성에 의한 전분기질 점도감소를 Brabender Amylograph(C.E. Brabender Instruments, Inc.)를 사용하여 측정하였다. 즉 품종별 엿기름 0.45 g을 옥수수 전분 45 g과 함께 섞은후 450 mL의 증류수에 분산시켜 slurry를 제조한 후 amylograph에 의해 최고점도를 측정하였다.

Table 1. Varietal differences in quality characteristics of raw barleys¹⁾

Variety	Moisture(%)	Test weight(g/L)	1,000 KW ²⁾ (g)	Plumpness ³⁾ (%)	Protein ⁴⁾ (%)	Germination(%)
Kang	10.3	764	27.7	16.5	17.0	97
Nakyoung	10.2	694	30.2	41.6	11.7	93
Daejin	10.0	724	26.9	6.5	14.0	95
Milyang	10.8	754	27.5	17.9	14.3	94
Saegang	9.7	712	25.8	9.9	15.6	98
Saeal	10.4	753	26.3	19.7	13.4	95
Saeol	10.2	740	27.3	15.1	17.5	95
Al	10.4	738	30.4	30.2	13.9	98
Oweol	10.9	748	29.3	30.0	15.3	98
Ol	10.5	762	28.4	37.4	17.5	91
Jinyang	11.1	769	38.0	75.9	14.4	97
Chal	9.8	739	24.8	14.7	17.4	99
Keunal	10.8	761	31.3	30.1	14.2	94
Tapgol	10.1	716	22.2	9.6	15.9	100
Kinssal	11.3	797	25.4	5.3	15.7	90
Saechalssal	9.9	789	27.0	14.3	17.3	94

¹⁾Values are means of triplicate determinations

²⁾Kernel weight

³⁾Kernels retained on or above 2.5×1.9 mm slotted sieve

⁴⁾Protein = nitrogen×6.25

결과 및 고찰

품종별 엿기름의 품질

품종별 보리원맥의 수분함량, 용적중, 천립중, 발아율, 단백질 함량, 풍만도에 대한 품질특성을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 보리의 수분함량은 9.7~11.3% 분포로 대부분의 품종에서 유사하게 나타났다. 보리 품종들의 평균 용적중은 748 g/L 였으며 6조보리 품종들은 694~764 g/L의 분포로 2조보리인 진양보리의 769 g/L에 비해 낮았고 쌀보리 품종이 793 g/L로 가장 높게 나타났다. 보리품종의 천립중은 22.2 g에서 38.0 g의 분포로 평균 28.03 g 이었고 맥주맥인 진양보리가 38.0 g으로 가장 높은 수치를 나타내었다. 보리의 천립중은 한국산 맥주맥이 35.3~46.3 g이었고 미국산 맥주맥은 43.0 g이었으며, 국내산 6조 걸보리에서는 평균 27~28 g으로 분석된 결과^(12,13)와 유사하였다.

곡립의 풍만도는 2.0, 2.2, 2.5, 2.8 mm체를 사용하여 체질한 결과 2.5 mm체 이상에 남아있는 보리곡립을 풍만한 곡립으로 간주하여 전체 곡립에 대한 백분율로 하였으며 품종에 따라 5.3~75.9%로 큰 차이를 보여주었다. 2조보리인 진양보리의 풍만도가 가장 높았고 6조보리에서는 낙영보리, 올보리가 상대적으로 높은 반면 대진보리, 새강보리, 탐골보리 등에서 낮았으며 쌀보리 품종 역시 상대적으로 낮은 수치를 나타냈다. 보리의 풍만도는 수분흡수율, 배유의 변형, 효소활성도, 배조시 색의 변화, 맥주제조시 맥즙의 수율 등에 영향을 미칠 수 있다. 보리의 천립중은 풍만도와 서로 높

은 상관계수(r=0.96)가 있는 것으로 확인되었다.

보리품종들의 단백질 함량은 11.7~17.5%의 분포(평균 15.3%)를 보였다. 2조보리인 진양보리가 14.4%로 6조보리에 비해 낮은편이었으며 6조보리에서는 낙영보리와 새알보리에서 단백질 함량이 13.5% 미만으로 낮게 나타났다. 미국산 보리의 단백질 함량은 11.8~14.2%로 비교적 일정하였으나 한국산 보리의 단백질 함량은 9.7~15.5%로 다양하다고 보고⁽¹²⁾된 바 있다. 맥주맥의 경우 단백질의 함량은 매우 중요시되는 품질요건으로 단백질 함량이 높으면 추출수율이 낮은 반면 수용성 단백질 함량과 효소활성도가 높고 맥주제조후에 혼탁을 야기시켜 바람직하지 못한 것으로 알려져 있으나^(12,14) 효소활성이 높은 엿기름의 제조를 위해서는 긍정적인 것으로 사료되었다. 보리의 발아율은 대부분의 품종에서 거의 95% 이상을 나타내 발아율이 양호한 것으로 나타났다.

16 보리품종을 사용하여 수침, 발아, 건조하여 제조한 엿기름의 품질특성을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 엿기름의 수분함량은 8.0~9.6%의 분포로 보리의 수분함량보다 낮았으며 천립중은 20.6~35.3 g(평균 24.8 g)의 범위로 보리원맥의 평균 천립중인 28.0 g으로부터 약 12%의 중량 감소가 있었다. 건조후 엿기름은 뿌리를 제거하기전에 품종에 따라 86.5~92.2%의 엿기름 수율을 주었고 제근후에는 82.0~87.5%의 수율을 주어 12.5%에서 18.0%까지의 제맥후 손실이 있었다. 엿기름으로 제조한 후의 단백질 함량은 11.5~17.9%의 분포로 원맥의 단백질 함량과 거의 일치하였다. 보리의

Table 2. Varietal differences in quality characteristics of barley malts¹⁾

Variety	Moisture(%)	1,000 KW ²⁾ (g)	Malt loss ³⁾ (%)	Protein ⁴⁾ (%)	Acrospire length(%)
Kang	8.5	25.1	13.6	16.6	116.0
Nakyoung	8.0	26.3	12.6	11.5	93.8
Daejin	9.3	24.2	15.0	13.8	108.5
Milyang	8.3	24.0	13.6	14.3	117.5
Saegang	9.6	23.2	14.7	15.8	114.0
Saeal	8.9	24.1	14.8	13.3	122.8
Saeol	8.4	23.1	13.8	17.6	114.5
Al	8.3	24.8	15.5	13.8	117.3
Oweol	9.3	26.8	14.3	15.6	123.3
OI	8.7	25.2	18.0	17.1	108.8
Jinyang	8.7	35.3	13.2	14.2	117.5
Chal	8.4	20.6	15.6	16.7	122.8
Keunal	8.1	27.0	12.5	15.0	120.3
Tapgol	8.2	20.9	14.5	15.8	122.0
Kinssal	8.4	24.3	13.3	15.4	107.5
Saechalssal	8.0	21.4	17.2	17.9	108.5

¹⁾Values are means of triplicate determinations²⁾Kernel weight³⁾(Barley wt.-malt wt.)×100/barley wt.⁴⁾Protein = nitrogen × 6.25

단백질 함량은 엿기름의 단백질과 높은 상관관계 ($r=0.98$)가 있으며 엿기름의 수율과는 부의 상관관계 ($r=-0.52$)가 있었다.

발아기간중 측정된 보리의 품종별 초엽의 길이를 측정하여 평균 신장도로 나타내었으며 곡립의 길이와 같은 때의 신장도를 100%로하여 비교하였을 때 보리의 초엽은 품종에 따라 신장속도에 다소 차이를 보였다. 초엽의 길이는 발아 3~4일에 가장 급격히 증가하였으며 발아 5일 후에는 94~123%의 평균 초엽신장도 분포를 나타내었다. 한편 발아율이 높은 보리품종이 초엽의 신장도가 높은 경향이 있는 것으로 나타났다.

엿기름의 효소활성도

엿기름의 당화력(Diastatic Power)은 139~220°L의 범위로 보리의 품종에 따라 크게 차이를 나타내 주었다 (Table 3). 품종별로는 진양보리가 139°L로 가장 낮았고 오월보리, 탐골보리 등 6조 걸보리에서 높았으며 쌀보리의 경우 6조 걸보리(평균 175°L)에 비해 당화력이 낮은 경향이였다. 국내산 보리품종들로부터 제조한 맥아는 6조 걸보리에서 150~268°L이었으며 미국산 보리에 비해 훨씬 낮은 것으로 보고^(12,13)된 바 있다.

엿기름의 β -amylase 활성은 품종별로 1126~1927 Betamyl unit의 범위로 측정되었는데 효소활성이 진양보리에서 가장 낮았으며 오월보리, 탐골보리에서 가장 높아 DP 수치와 효소활성도가 일치하였다. α -Amylase의 활성은 125~253 Ceralpha unit의 범위로 효소활성에 있어 품종에 따라 2배까지의 차이를 나타내었다.

엿기름의 당화력과 amylase 활성과의 상관관계를 분석했을 때 당화력은 β -amylase와 높은 상관계수($r=0.98$)를 보여주어 β -amylase 활성이 엿기름의 당화력에 직접적으로 관여하는 매우 중요한 인자인 것으로 확인되었으며 α -amylase와는 별 관련이 없는 것으로 나타났다(Fig. 1).

한편 당화용 엿기름의 효소력을 간접적으로 평가하는 방법으로서 amylograph를 사용하여 엿기름 첨가에 의한 전분기질 점도감소를 측정하였다. 전분 대조구의 amylograph 최고점도는 780 B.U. 였으며 엿기름

Table 3. Enzymatic activities in malts prepared by various barley varieties¹⁾

Variety	Diastatic Power (°L)	β -Amylase (Betamyl unit)	α -Amylase (Ceralpha unit)
Kang	179	1623	186
Nakyoung	150	1254	186
Daejin	154	1307	210
Milyang	181	1585	223
Saegang	182	1548	197
Saeal	178	1591	237
Saeol	151	1272	240
Al	190	1662	253
Oweol	220	1927	181
OI	182	1542	229
Jinyang	139	1126	204
Chal	159	1386	202
Keunal	148	1314	198
Tapgol	199	1752	188
Kinssal	155	1309	249
Saechalssal	154	1374	125

¹⁾Values are means of triplicate determinations

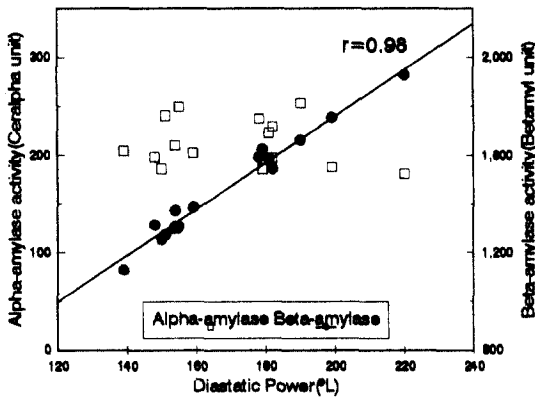


Fig. 1. β - and α -amylase activities in regard to diastatic power of malts prepared by various barley varieties.

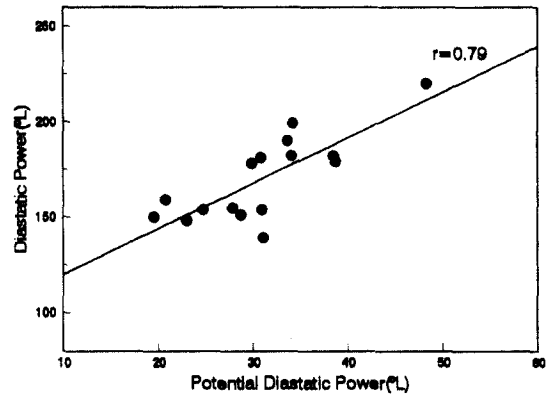


Fig. 3. Relationship between diastatic power of final malts and potential diastatic power of raw barley varieties.

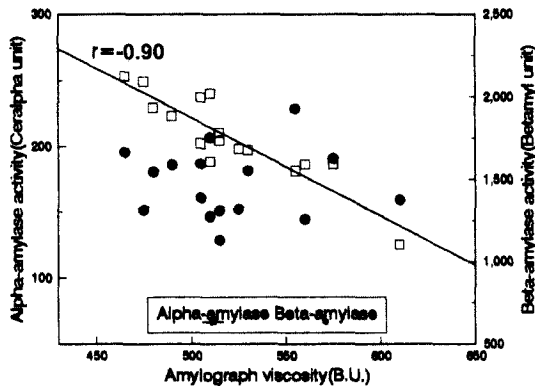


Fig. 2. Amylograph peak viscosity affected by malts with different amylase activities.

의 첨가에 따른 점도는 품종에 따라 465~610 B.U.의 범위로 서로 차이를 보여주었다. 품종별 엿기름의 첨가에 따른 전분의 amylograph 최고점도는 엿기름의 효소활성을 환원당 비색측정법으로 측정된 DP 수치와 별 관련이 없었다. 엿기름에 의한 전분의 점도 감소효과는 엿기름의 β -amylase와 상관관계가 없는 반면에 α -amylase와는 상관관계가 높은($r=-0.90$) 것으로 확인되었다(Fig. 2).

엿기름의 당화관련 품질인자

보리품종들의 품질특성이 엿기름의 당화력에 어떠한 영향을 미치는지 상관관계를 분석하였다. 엿기름의 당

화력은 대부분의 보리 품질인자와 상관계수가 높지 않은 것으로 보여지나 용적중, 천립중, 풍만도와는 약간의 부의 상관관계를 가져 중량이 낮은 보리 품종이나 덜 풍만한 품종에서 당화력이 높게 나타나는 경향을 보여주었다(Table 4). 맥아의 단백질 함량은 당화력과 상관관계가 있다고⁽¹⁴⁾ 하였으나 본 실험에서는 엿기름 단백질 함량과 당화력사이에 별 상관관계를 확인할 수 없었다.

엿기름을 제조하기 위한 원료로서 품종별 원맥이 지니고 있는 잠재적인 당화력(potential diastatic power)이 발아후의 엿기름 당화력과 직접적인 상관관계가 있는 것으로 추정되어 품종별 원맥의 잠재적인 당화력을 분석하였다. 전분의 분해에 관여하는 효소중 α -amylase는 보리원맥에 거의 존재하지 않고 곡립이 발아할 때 충분히 합성되어지는⁽¹⁵⁾ 반면에 β -amylase는 보통 보리원맥에 상당히 존재하는데 주로 단백질과 결합된 형태로 활성이 없는 상태에서 발아중에는 효소활성이 저절히 증가하게 된다. 보리원맥의 결합 β -amylase는 단백질 분해효소인 papain 처리에 의해 분리되어 나올 수 있으며⁽⁷⁾ 본 실험에서는 효소처리 없이 단순히 물 추출에 의한 보리원맥의 당화력을 측정하였다. 품종별 보리원맥이 지니고 있는 β -amylase에 의한 잠재적인 당화력은 20~48°L의 분포였으며 이는 엿기름 당화력의 약 20% 수준인 것으로 나타났다. 원맥의 당화력은 발아후의 엿기름 당화력과 상관관계($r=0.79$)가 있는

Table 4. Correlation coefficients between barley¹⁾ quality parameters and malt diastatic power

Quality parameter	TW	1,000 KW	Protein	Plumpness	Potential DP	Acrospire length
Malt diastatic power	-0.20	-0.39	0.11	-0.23	0.79	0.45

¹⁾n=16

것으로 분석되었으며(Fig. 3) 이를 엿기름의 당화력을 예측하는데 유용하게 사용할 수 있는 것으로 판단되었다. 따라서 국내산 보리원맥의 품종별 당화력 측정은 발아후 제조된 엿기름의 당화력을 평가할 수 있는 매우 중요한 품질인자인 것으로 사료되었다.

요 약

엿기름의 품질 요소인 당화력(DP)은 보리품종에 따라 큰 차이를 나타내 139~220%의 범위에 있었다. 당화력은 α -amylase 보다 β -amylase와 높은 상관관계가 있어 엿기름의 β -amylase 활성이 매우 중요한 인자였으며, 엿기름 첨가에 따른 amylograph 전분기질 점도 감소는 α -amylase와 관련이 있는 것으로 확인되었다. 보리품종들의 품질요소들을 분석하여 엿기름 당화력과 상관관계를 조사한 결과 엿기름의 당화력은 원맥의 품질인자와 상관관계가 별로 높지 않았으나 중량이 낮은 품종이나 덜 풍만한 품종에서 당화력이 높은 경향을 보여주었다. 보리원맥이 지니고 있는 β -amylase 활성은 엿기름의 당화력과 상관관계가 있는 것으로 평가되었으며 엿기름의 당화력을 예측할 수 있는 잠재적인 당화력으로서 엿기름 제조에 매우 유용한 품질인자인 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 1997년도 농림수산기술개발사업에 의해서 수행된 결과의 일부이며 이에 감사를 드립니다.

문 헌

1. Moon, S.J. and Cho, H.J. A scientific studies on sikhe. Korean. J. Home Economics 16: 43-49 (1978)
2. Kim, B.S., Lee, T.S. and Lee M.W. Changes of component in sikhei during saccharification. Korean. J. Appl. Microbiol. Bioeng. 12: 125-128 (1984)
3. Lee, C.H. and Kim, S.Y. Literature review on the Korean traditional non-alcoholic beverages I. Types and processing methods. Korean J. Dietary Culture 6: 43-54 (1991)
4. Cho, S.O. Steeping time of malt with high saccharifying activity. Korean J. Home Economics 21: 79-85 (1983)
5. Lee, Y.T. and Mok, C. Activities of hydrolytic enzymes in barley malts prepared under different germination conditions. J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol. 42: 324-329 (1999)
6. Suh, H.J., Chung, S.H. and Whang, J.H. Characteristics of sikhe produced with malt of naked barley, covered barley and wheat. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 716-721 (1997)
7. ASBC. Methods of Analysis. 7th ed. American Society of Brewing Chemists, Minnesota, USA (1976)
8. EBC. Analytica. 3rd ed. European Brewery Convention, Schweizer-Brauerei Rundschau, Zurich (1975)
9. AACC. Approved Methods of the AACC. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota, USA (1983)
10. McCleary, B.V. and Codd, R. Measurement of β -amylase in cereal flours and commercial enzyme preparations. J. Cereal Sci. 9: 17-33 (1989)
11. McCleary, B.V. and Sheehan, H. Measurement of cereal α -amylase: A new procedure. J. Cereal Sci. 6: 237-251 (1987)
12. Lee, W.J. Malting quality characteristics of Korean and North American barley varieties. J. Kor. Agric. Chem. Soc. 32: 203-208 (1989)
13. Lee, Y.T. and Lee, C.K. Effects of varietal variation in barley on β -glucan and malting quality characteristics. Korean J. Food Sci. Technol. 26: 172-177 (1994)
14. Shin, H.K., Bae, Y.S. and Kim, Z.U. Quality characteristics of Korean malt barley varieties. J. Kor. Agric. Chem. Soc. 23: 150-156 (1980)
15. Mundy, J. and Munck, L. Synthesis and regulation of hydrolytic enzymes in germinating barley. pp. 139-148 In: New Approaches to Research on Cereal Carbohydrates. Hill, R.D. and Munck, L. (eds.). Elsevier Science Publishers, Amsterdam (1985)

(1999년 5월 26일 접수)