

102015-3

최 종
연구보고서

기능성 유색보리 품종 및 제품 개발

Development of functional colored barley
and their products

작물과학원 호남농업연구소
호서대학교 식품영양학과

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “기능성 유색보리 품종 및 제품개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2005년 11 월 15 일

주 관 연 구 기 관 명 : 작물과학원 호남농업연구소

총괄연구책임자 : 최 재 성

세부연구책임자 : 최 재 성

연 구 원 : 김 수 동

연 구 원 : 서 재 환

연 구 원 : 박 종 철

연 구 원 : 김 정 곤

연 구 원 : 김 양 길

연 구 원 : 박 형 호

연 구 원 : 우 나 리 야

협 동 연 구 기 관 명 : 호서대학교

협동연구책임자 : 강 명 화

연 구 원 : 송 은 승

연 구 원 : 원 미 희

연 구 원 : 박 수 진

참 여 기 업 : 수진바이오텍

책 임 연 구 원 : 김 장 수

요 약 문

I. 제목

기능성 유색보리 품종 및 제품개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

보리는 겨울철 유희농경지를 잘 활용할 수 있는 작물 일뿐만 아니라 대기정화, 토양보존, 축산부산물 이용에 의한 환경오염경감 등 공익적 기능과 환경적 효과가 큰 잠재산업이다. 최근 들어 찰쌀보리 등 보리의 용도개발로 그 수요가 늘어나는 추세일 뿐만 아니라 건강에 대한 관심 고조로 기능성을 함유한 식품산업이 각광을 받고 있다. 이에 그 동안 보리에서도 유색미와 마찬가지로 유색보리 개발에 대한 필요성이 강하게 대두되었으며 이에 따라 창녕재래 등 우리나라 재래종 보리와 외국도입품종을 교배모본으로 하여 유색보리 계통육성을 착수하게 되었다. 본 시험은 육성된 고 세대 계통 중 농업형질이 우수하고 특히 생산력이 뛰어난 유색보리 계통을 선발하여 중간모본을 육성하고 나아가서는 새로운 유색보리 품종의 이화학적 특성 및 항산화 효과를 밝혀내고, 우수한 품종을 선별하여 이를 이용한 기능성 식품 개발로 식품산업의 새로운 발전의 계기를 부여할 뿐 아니라 보리 소비촉진을 통하여 농가소득에 기여하고자 수행하였다.

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 기능성 유색보리 개발

- (1) 기능성 유색보리 계통 선발
- (2) 기능성 유색보리 내병성 검정
- (3) 기능성 유색보리 내한성 검정
- (4) 기능성 유색보리 계통 곡립 특성 검정
- (5) 기능성 유색보리 계통 생산력 검정

2. 보리 항산화 성분의 기능 평가 및 기능성 신제품 개발

- (1) 유색보리의 이화학적 특성
- (2) 유색보리 추출물의 항산화 효과 측정
- (3) 유색보리 가공식품 개발

IV. 연구개발 내용 및 활용에 대한 건의

1. 기능성 유색보리 개발

기능성 유색보리 계통을 개발하기 위하여 각 특성별로 인공교배를 실시하였다. 즉 조숙으로는 올쌀보리//새쌀보리//창녕재래 등 6조합, 양질 조합으로는 제천찰쌀보리//호반찰쌀보리//흰찰쌀보리 등 7조합, 내한성 조합으로는 동호쌀보리//도꾸시마모찌하다가//동한찰쌀보리 등 5조합 그리고 내병다수성 조합으로는 늘쌀보리//창녕재래//내한쌀보리 등 9조합을 실시하여 총 27조합을 인공교배하였다. 잡종제1세대(F₁)는 총27조합을 공시하여 15조합을 선발하고 잡종제2세대(F₂)는 총 15조합을 공시하여 10조합 642계통을 선발하였다. 잡종제3세대(F₃) 이후는 총 40 조합 1,103계통을 공시하여 30조합 103계통 461개체를 강선발하였으며 고세대 계통 중 초형이 양호하고 다수성으로 유망시되는 CN9707 등 17계통을 신규 생산력 검정 예비시험 공시계통으로 선발하였다.

최근 보리재배에서 가장 문제가 되고 있는 보리호위축병(BaYWV)은 토양 전염성 바이러스 병해이다. 따라서 상습 발병포장을 활용하여 기능성 유색보리 계통에 대한 내병성을 검정하였으며, 검정결과 공시된 300계통 중 비교적 저항성이 강한 179계통을 선발하였고, 생산력검정 본시험 계통 CN9744-B-14-1-1-2 등 3계통은 저항성계통으로 유망시되었다.

보리재배의 중요 제한점중 하나는 내한성으로 품종육성시 내한성검정은 필수적이다. 내한성이 강한 걸보리의 안전재배지역은 1월 평균 기온이 -4℃ 이상(1월 최저기온 -10℃ 이상)인 지역이나, 쌀보리 및 맥주보리의 경우 걸보리에 비해 비교적 내한성이 약한 품종이다. 해발 430m인 시험포에서 기능성 유색보리 고세대계통 및 생산력검정시험에 공시된 100계통을 검정한 결과, CN9777-BG-BSP-7-3-1 등 8계통은 걸보리 수준으로 고사주율도 낮고 내한성이

강하였으며 37계통은 비교적 내한성에 약한 것으로 평가되었다.

보리의 경우 도정시 곡립의 장폭비율이 낮고 풍만도가 양호할수록 이용효율이 높다. 따라서 곡립의 장폭비, 풍만도 및 외관상 착색정도를 조사한 결과 총 100계통 중 곡립의 장폭비가 150~250% 이며 풍만도가 양호한 계통으로 30계통을 선발하였으며 그중 CN9781-B-7-1-1-3-2 등 3계통은 착색정도도 좋고 풍만도 역시 양호하여 곡립의 외관 특성면에서 우수한 계통으로 선발하였다.

기능성 유색보리 생산력검정시험을 표준재배법에 의해 실시한 결과 CN9747-B-6-1-1-1을 우수품종으로 선발할 수 있으며, HB14901-BG-BSP-34-5 등 9계통이 보리호위축병에도 강하면서 수량성이 양호한 품종으로 선발되었다. 생산력검정 예비시험에서 선발된 계통에 대한 생산력검정 본시험을 답리작에서 표준재배법에 따라 난괴법 3반복으로 수행하였다. 도복에도 강하며 내병 내재해 다수성으로 유망시되는 CN9747-B-6-1-1-1 계통을 “익산 80호”, CN9781-B-7-1-1-3-2 계통을 “익산 81호”, 내재해 다수성 기능성 유색보리로 유망시되는 CN9744-B-14-1-1-2 계통을 “익산 87호”의 계통명을 부여하여 중간 모본을 선발할 수 있었다.

2. 보리 항산화 성분의 기능 평가 및 기능성 신제품 개발

그룹화 시킨 유색보리군과 춘추쌀보리, 겉보리의 일반 성분 및 무기질 함량은 분석 결과 수분 함량은 Group I 이 9.56%로 가장 높았고 조단백질 함량과 조지방 함량은 Group III 이 12.72%와 2.98%로 가장 높았다. 또한 조회분 함량은 춘추쌀보리가 2.35%로 가장 높은 값을 나타내었다. Ca 함량은 춘추쌀보리가 622.06mg%로 가장 높았으며, 겉보리가 442.82mg%로 가장 낮아 유색보리가 겉보리에 비해서는 더 높고, 춘추쌀보리보다는 낮았으며 Mg 함량은 Group I 이 1117.92mg%로 가장 높은 값을 나타내었고, 춘추쌀보리가 998.04mg%로 가장 낮았다. Cu, K, Mn 함량 춘추쌀보리와 겉보리가 유색보리군보다 유의적으로 다소 높은 함량으로 측정되었다. 총 식이섬유소의 함량은 18.24-38.73%이었으며 유색보리는 춘추쌀보리보다는 유의적으로 낮았으나 겉보리보다는 유의적으로 높았다. 유색보리, 춘추쌀보리와 겉보리의 β -glucan 함량은 겉보리가

6.26%로 가장 낮은 반면, 유색보리 GroupⅢ가 11.18%로 가장 높게 측정된 바 유색보리가 춘추쌀보리나 겉보리에 비해 β -glucan이 2배 이상 함유된 것으로 평가되었다. 보리 품종에 대하여 아밀로오스 함량을 측정한 결과 유색보리의 아밀로오스 함량은 Group I 이 5.94%, Group II 이 17.42%, Group III 이 21.94%, 춘추쌀보리가 23.44%, 겉보리는 23.45%로서 품종 간의 차이를 보였다. 유색보리, 춘추쌀보리와 겉보리의 입도크기 분석결과 유색보리의 평균 입도크기는 Group I 이 $14.55\mu\text{m}$, Group II 이 $18.00\mu\text{m}$, Group III 이 $12.81\mu\text{m}$, 춘추쌀보리가 $16.38\mu\text{m}$, 겉보리가 $16.41\mu\text{m}$ 으로 나타났다. 표면적은 Group I 이 $6190\text{cm}^2/\text{g}$, Group II 이 $5230\text{cm}^2/\text{g}$, Group III 이 $6940\text{cm}^2/\text{g}$, 춘추쌀보리가 $5290\text{cm}^2/\text{g}$, 겉보리가 $5790\text{cm}^2/\text{g}$ 으로 Group III 이 가장 컸다.

보리의 수분결합능력은 Group I 60.12%, Group II 40.17%, Group III 35.74%, 춘추쌀보리 41.52%, 겉보리 39.32%로 Group I 의 유색보리가 높게 나타났다.

유색보리, 춘추쌀보리와 겉보리의 팽윤력과 용해도 측정결과 유색보리, 춘추쌀보리와 겉보리 모두 비슷한 경향을 나타냈으나 Group I 이 가장 높았다.

유색보리, 춘추쌀보리와 겉보리의 X-ray 회절도에 의한 분석결과 유색보리, 춘추쌀보리와 겉보리 모두 $15-25^\circ$ 에서 피크를 보였고, 전형적인 A형 전분의 형태를 나타냈다.

유색보리, 춘추쌀보리와 겉보리의 입자형태를 주사전자현미경에 의한 입자의 형태 및 크기를 관찰한 결과 유색보리의 외피가 얇으면서 여러 겹으로 밀집되어 있었고 색이 진할수록 즉, Group I > Group II > Group III 일수록 외피가 두꺼웠으며, 겉보리는 기공이 다수 있음을 관찰할 수 있었다. 또한 색이 진한 유색보리일수록 배유조직이 더 조밀함을 보였다. 전분의 크기와 모양을 관찰한 결과, 유색보리와 춘추쌀보리는 납작한 타원 형태를 보였으며, 겉보리는 구형을 나타내었다.

유색보리의 색소함량에 따른 그룹별 항산화 효과 검색 하였다. 즉 총 페놀 함량은 Group I(CN9718-B-53-1-2-1-3, No34)이 가장 높은 값을 나타내었고, 춘추쌀보리와 겉보리에 비해 유색보리가 총 페놀 함량이 높음을 알 수 있었다. 또한 전자공여능을 측정한 결과는 Group III의 CN9758-B-6-1-1-3(No.24) 품종이

가장 전자공여능이 높게 측정되었다. SOD 유사활성 측정 결과 모든 추출물이 98% 이상으로 높게 나타났으며 그 중 Group I(CN9755-G-BSP-4-1-3, No.5)가 가장 높은 활성도로 측정되었다. Lecithin에 의한 유색보리 추출물의 산화 저해활성 측정 결과, Group I(CN9758-B-6-1-1-1, No.22)이 가장 높았으며, 겉보리가 가장 낮았다. Hydroxyl radical 소거활성을 나타낸 결과 Group III중 (추 9781-B-7-1-2-1-3, No.40)이 가장 활성이 높았고, hydrogen radical 소거활성을 측정한 결과Group I(CN9718-B-53-1-2-1-3, No34) 이 가장 높은 활성을 보였으며, 겉보리가 가장 낮았다.

총 anthocyanin 색소 함량과 항산화 효과 높은 상관관계가 있음을 알 수 있었다. 따라서 색이 진한 유색보리 즉 Group I이 총 anthocyanin 색소 함량이 많았다.

유색보리를 이용한 기능성 식품개발의 일환으로 보리음료, 보리식초, 식초발효 음료, 보리빵, 압출성형가공에 의한 즉석죽, 스프를 제조하였다. 소비자 기호도 관능검사 결과 Group I으로 제조한 가공품의 경우에서 모두 유의적으로 높은 선호도를 나타내었다. 따라서 항산화 활성이 높은 품종을 선발하여 기능성 가공식품의 개발가능성을 제시 할 수 있다.

SUMMARY

I. Subject

Development of functional colored barley and their products

II. Objectives and Necessity of Research and Development

Barley is a crop that allows farmers to use idle farmland effectively in winter and that also provides considerable public functions and environmental effects, contributing to the reduction of environmental pollution through air purification, soil preservation, and use of livestock by-products. In recent years, the demand for barley has increased with the development of new barley varieties such as sticky barley, and the food industry has put special emphasis on the functionality of products with the more increased interest in health. As this situation has highlighted the necessity to develop colored barley like in case of colored rice, it has been launched to create new varieties of colored barley using the cross-fertilization between Korean native barley species (such as "changnyeong jaerae") and alien species from foreign countries. The purposes of this experiment are to select colored barley cultivars with superior agricultural traits and high productivity from early-generation barley lines to bring up them as intermediate parents identify the physiochemical characteristics and antioxidant effects of new colored barley varieties; develop functional food with selected superior cultivars to help promote the growth of the food industry; and contribute to raising farm household income by encouraging the consumption of barley.

III. Contents and Scope of Research and Development

1. Development of Functional Colored Barley

- (1) Selecting a functional colored-barley lines
- (2) Testing the disease resistance of functional colored barley lines
- (3) Testing the cold resistance of functional colored barley lines
- (4) Testing the grain characteristics of a functional colored barely lines
- (5) Yield trials of a of a functional colored barley lines

2. Evaluation of Antioxidants in Barley and Development of New Functional Products

- (1) Physiochemical characteristics of colored barley
- (2) Measuring the antioxidant effects of colored-barley extracts
- (3) Developing processed colored-barely foodstuffs

IV. Contents of Research and Development and Suggestions for Use

1. Development of Functional Colored Barley

Artificial crossing was conducted on a per-property basis for the development of a functional colored-barley line. The experiments used a total of 27 combinations, composed of 6 early-maturity combinations including olssalbori //saessalbori /changnyeong jaerae; 7 high quality combinations including jecheon chalssalbori /hoban chalssalbori //Hinchalssalbori 5 cold-resistant combinations including dongho ssalbori /dokkusima-mochihadaga//donghan ssalbori; and 9 disease-resistant high-yielding combinations including nulssalbori /changnyeong jaerae//naehan ssalbori. The first filial generation (F₁) included 15 combinations selected from a total of 27 available combinations, and 10 combinations and 642 lines were selected as the second filial (F₂) generation out of a total of 15 known combinations. Included in the third filial (F₃) generation and the subsequent were 30 combinations, 103 lines, and 461 individuals selected from 40

combinations and 1,103 lines. Among old-generation lines, 17 promising lines (including CN9707), which were well shaped and expected to have high yields, were newly selected so that they could be used for a preparatory productivity test.

BaYMV that is fervently discussed for cultivation of barley recently is a soil-borne infective virus disease. Therefore, functional colored barley lines' disease resistance was tested, for which the barley field that was habitually attacked with the disease was used. Based on the test results, 179 lines out of a total of 300 with comparatively strong resistance were selected, and 3 lines including CN9744-B-14-1-1-2 in the final productivity test were evaluated promising as resistant lines.

One of the important restrictions in cultivation of barley is cold resistance so cold resistance test is essentially required for upbringing of a variety. The safe zones for cultivation of unhulled barley with strong cold resistance are where the average temperature of January is over -4°C (lowest temperature of January is over -10°C). However, naked barley and malting barley have weaker cold resistance than unhulled barley. As a result of testing advanced generation lines of functional colored barley selected from the test group located 4300m above the sea level, and 100 lines selected for the productivity test, 8 lines including CN9777-BG-BSP-7-3-1 were evaluated in the similar level with hulled barley. That is, they showed a low rate of death and strong cold resistance. However, 37 lines were found to have weak cold resistance.

At the time of pounding and polishing barley, coefficient of its utilization goes up when tensible ratio of grain is low and ample is good. Therefore, tensible ratio of grain, ample of grain and its color were investigated. Out of total 100 lines, 30 were selected that had 150~250% tensible ratio and good ample. Among these 30, 3 lines including CN9781-B-7-1-1-3-2 were

evaluated excellent in terms of coloring status, ample and appearance of grain.

As a result of performing the productivity test for functional colored barley based on the standard method of cultivation, CN9747-B-6-1-1-1 was selected as an excellent cultivar and 9 lines including HB14901-BG-BSP-34-5 were evaluated to have strong resistance against BaYMV and good yields. For the lines selected from the preparatory productivity test, the final productivity test (3 repetitions of randomized block design) was given, according to the standard method of cultivation on paddy field. It was possible to select intermediate parents: The name of "Iksan No. 80" was given to CN9747-B-6-1-1-1 that was evaluated promising as a cold/disaster-resistant high-yielding cultivar and also that was found strong against lodging; "Iksan No. 81," to CN9781-B-7-1-1-3-2; and "Iksan No. 87," to CN9744-B-14-1-1-2 that was evaluated promising as a disaster-resistant high-yielding functional colored barley

2.Evaluation of Antioxidant Components of Barley and Development of New Functional Products

The experiments analyzed the contents of general components and inorganic matters that the grouped colored barley, chunchu naked barley and unhulled barley have. Group I of colored barley was found to have 9.56% water, which is highest, while Group III was found to have largest crude protein (12.72%) and crude fat (2.98%). chunchu naked barley had the highest content of crude ash, 2.35%, and also the highest content of Ca, 622.06mg%. On the other hand, unhulled barley had the lowest content of Ca (442.82mg%). Colored barley had more Ca content than unhulled barley, but less than chunchu naked barley . In terms of Mg content, Group I had the highest with 1117.92mg% and chunchu naked barley had the lowest with 998.04mg%. In terms of Cu, K, and Mn contents, chunchu naked barley and unhulled barley

had significantly higher content than colored barley groups. The total content of dietary fiber was 18.24-38.73%: Colored barley had the significantly lower content than chunchu naked barley, but significantly higher than unhulled barley. In terms of the β -glucan content, unhulled barley had the lowest with 6.26% while colored barley Group III was found to have the highest with 11.18%. In other words, colored barley was evaluated to have β -glucan 2 times more than chunchu naked barley and unhulled rye. These experiments also measured the amylose content of barley cultivars: Group I was found to have 5.94%; Group II, 17.42%; Group III, 21.94%; chunchu naked barley, 23.44%; and unhulled barley, 23.45%. There was difference among cultivars. Analysis of the average grain size showed that: colored barley Group I had 14.55 μ m grain size; Group II, 18.00 μ m Group III, 12.81 μ m chunchu naked barley, 16.38 μ m and unhulled barley, 16.411 μ m. Group I was measured to have the surface area of 6190 cm^2/g , Group II, 5230 cm^2/g , Group III, 6940 cm^2/g , chunchu naked barley, 5290 cm^2/g , and unhulled barley, 5790 cm^2/g . Group III was found to have the largest surface area.

In terms of water combination capacity of barley cultivars, Group I showed 60.12%, Group II, 40.17%, Group III, 35.74%, chunchu naked barley, 41.52%, and unhulled barley, 39.32%. Colored barley Group I was found to have the largest water combination capacity.

Swelling power and solubility of the barley cultivars were measured too: All of them showed similar levels of swelling power and solubility, but Group I was found to have the largest.

Analysis of x-ray diffraction showed that colored barley, chunchu naked barley and unhulled barley reached peak at 15-25°, making a conventional A-type starch.

The grain shape and size were observed by use of scanning electronic microscopy. The hull of colored barley was in the shape that several thin

hulls were closely crowded. The darker the colored barley was, the hull was thicker in the order of Group I > Group II > Group III. Unhulled barley was observed to have a lot of pores. Double-erected amyloplast was filled up with starch particles, and circular protein and substances (which are assumed as fibrous membrane) were located between the double-erected amyloplasts. In addition, dark-colored barley had dense embryo tissue.

This paper also investigated antioxidant effects of color content by each colored barley group. Group I (CN9718-B-53-1-2-1-3, No.34) was found to have the largest content of phenol. That is, compared with chunchu naked barley and unhulled barley, colored barley had higher content of phenol. In terms of electron donating ability, CN9758-B-6-1-1-3(No.24) of Group III was measured to have the highest ability. Through the measurement of SOD similar activity, all the extracts showed over 98%. Group I (CN9755-G-BSP-4-1-3, No.5) was measured to have the highest activation. As a result of measuring oxidation inhibitory activity of colored barley extracts based on Lecithin, Group I (CN9758-B-6-1-1-1, No.22) was found to have the largest while unhulled barley has the lowest. In terms of hydroxyl radical removing activity, CN9781-B-7-1-2-1-3, (No.40) of Group III showed the highest activity, and in terms of hydrogen radical removing activity, Group I (CN9718-B-53-1-2-1-3, No.34) showed the highest while unhulled barley showed the lowest.

It was also found there was high correlation between the content of anthocyanin color and antioxidant. Therefore, colored barley Group I whose color is dark had the largest content of anthocyanin color.

As a part of developing functional foodstuff using colored barley, this study manufactured barley beverage, barley vinegar, vinegar-fermented beverage, barley bread, instant barley gruel through extrusion molding, and soup. Through the consumers' sensory test, significantly high preference was

found in the products made from Group I. The above experiments can suggest a possibility to develop functional processed foodstuffs using cultivars with high antioxidant activity.

CONTENTS

SUMMARY	2
Chapter 1 Research objective	18
Paragraph 1. Significance objective of research development	18
Chapter 2 Domestic and international trends of research and development	22
Chapter 3 Achievement of research and development and result	24
Paragraph 1 experimental method	24
Part 1: Development of Functional Colored Barley	24
1. Material and Culture Method	24
a. Selecting a functional colored-barley lines	24
b. Testing the disease resistance of functional colored barley lines	25
c. Testing the cold resistance of functional colored barley lines	25
d. Testing the grain characteristics of functional colored barley lines	25
e. Yield trials of a functional colored barley lines	26
Part 2 : Evaluation of Antioxidant Components of Barley and Development of New Functional Products	27
1. Experimental material and pretreatment	27
2. Bioactive compounds extracts in colored barley	30
3. The grouping of 40 varieties of colored barley	31
4. Physicochemical characteristics of colored barley	33
5. Color index of 40 varieties of colored barley	37
6. Antioxidative activity of colored barley	39
7. Development of functional food made by colored barley	42
Paragraph 2 Result and discussion	47

Part 1: Development of Functional Colored Barley	47
1. Selecting a functional colored-barley line	47
2. Testing the disease resistance of functional colored barley	49
3. Testing the drought resistance of functional colored barley	53
4. Testing the grain characteristics of functional colored barley	55
5. Yield trials of a functional colored barley line	56
Part 2 : Evaluation of Antioxidant Components of Barley and Development of New Functional Products	63
1. The Grouping of 40 varieties of colored barley	63
2. Physicochemical characteristic of colored Barley	63
3. Anthocyanin contents	82
4. Antioxdative activity of colored barley	89
5. Functional food made by colored barley	102
Chapter 4. Achievement and contribution to relevant area	121
Chapter 5 Application of results	122
Chapter 6 Technology information collected overseas	125
Chapter 7 Reference	130

목 차

요약	2
제1장 연구개발과제의 개요	18
제1절 연구개발의 필요성	18
제 2 장 국내외 기술 개발 현황	22
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과	24
제 1 절 재료 및 방법	24
제1세부과제 : 기능성 유색보리 개발	24
1. 실험재료 및 재배방법	24
가. 기능성 유색보리 계통 선발	24
나. 기능성 유색보리 내병성 검정시험	25
다. 기능성 유색보리 내한성 검정시험	25
라. 기능성 유색보리 곡립특성 검정시험	26
마. 기능성 유색보리 계통 생산력 검정	26
제 2 세부과제 : 보리 항산화 성분의 기능 평가 및 기능성 신제품 개발	27
1. 실험 재료 및 전처리	27
2. 유색보리의 생리활성물질 추출	30
3. 유색보리의 40종의 그룹화	31
4. 이화학적 특성	33
5. 유색보리의 색소 함량 측정	37
6. 유색보리 추출물의 항산화 효과 측정	39
7. 유색보리를 이용한 기능성 가공식품개발	42
제 2 절 결과 및 고찰	47

<제1세부과제 : 기능성 유색보리 개발>	47
1. 기능성 유색보리 계통 선발	47
2. 기능성 유색보리 내병성 검정시험	49
3. 기능성 유색보리 내한성 검정시험	49
4. 기능성 유색보리 곡립 특성 검정시험	55
5. 기능성 유색보리 계통 생산력 검정시험	56
<제2 세부 과제 : 보리 향산화 성분의 기능 평가 및 기능성 신제품 개발>	63
1. 유색보리 품종의 그룹화	63
2. 유색보리 및 일반보리의 일반 성분 분석	63
3. Anthocyanin 색소 추출물	82
4. 유색보리의 색소함량에 따른 그룹별 향산화 효과 검색	89
5. 유색보리 가공식품	102
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에 기여도	121
제 5 장 연구개발 결과의 활용 계획	122
제 6 장 연구개발과정에서의 수집한 해외과학기술정보	125
제 7 장 참고문헌	130

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 필요성

인류가 처음에 농사를 지어 생산한 것은 쌀, 밀, 감자 등 전분류를 위주로 한 백색식품을 제 1대 식품이라고 하며, 난류, 어류 등 고단백류를 위주로 한 홍색식품을 제 2대 식품이라 부른다. 또 각종 채소와 과일류 등에 포함된 비타민과 무기질, 섬유소 등을 위주로 한 녹색식품군을 제 3대 식품이라고 부른다. 현재 인류의 과학문명이 고도로 발전하면서 천연적인 색소, 천연적인 향기, 천연적인 맛을 가지고 있는 흑색식품을 제 4대 식품이라 하며, 이 식품들은 인체의 면역 기능을 향상시키고 아울러 질병에 대한 예방과 치료가 되는 기능성 식품의 효능을 가지고 있다. 따라서 생체 조절인자를 천연물에서 탐색하여 식품의 기능을 해석하고 목적 성분을 분리, 농축하여 생리적 활성을 갖는 식품을 개발하려는 다양한 연구가 진행되고 있다. 또한 최근 기능성 식품에 대한 소비자의 관심이 높아짐에 따라 현미를 비롯하여 유색미와 같은 특수미의 섭취가 크게 증가하고 있다. 유색미는 중국 최고의 의서인 이시진(李時珍)의 본초강목(本草綱目)에 의하면 개위익중(介胃益中) 자음보신(滋陰稱腎) 건비완간(健脾緩肝) 명목활혈(明目活血) 한다고 하며, 흑미를 매일 상식하면 인체의 생리 기능을 조절하고 면역기능을 증가시켜 노화방지 및 각종 질병을 예방한다고 구전되어 왔다. 현재 우리나라에서 유통되고 있는 유색미는 흑미, 적미 그리고 흑향미의 3가지로 구분되며, 유색미의 색은 다양한 변이를 보인다.

특히 이들 유색미는 백미에 비해 저장성이 강하다고 알려져 있는데 이것은 유색미에 함유되어 있는 색소 때문이며, 이러한 유색미는 일반미에 비해 미질이나 식미의 측면에서 떨어지지만 대부분의 유색미는 현미상태로 식이섬유를 다량 함유하고 있고, 생육이 왕성한 다수확성이며, 발아력 및 저장성이 일반미보다 우수하여 그 이용가치가 매우 높다⁽¹⁾. 주요 식량자원인 곡류는 우리의 생활과 밀접한 관계를 계속 유지하고 있으며, 주식으로 뿐만 아니라 가공식품으로서도 각광을 받고 있으나 보리는 예전에 비해 주식으로서의 역할을 잃어가고 있는 실정이다⁽²⁾. 보리는 겨울철 유희농경지를 잘 활용할 수 있는 작물 일뿐만 아니라 대기

정화, 토양보존, 축산부산물 이용에 의한 환경오염경감 등 공익적 기능과 환경보전 효과가 큰 잠재산업이다.

농경지 면적이 협소한 우리나라는 겨울철동안 유희농경지의 논을 이용한 보리생산은 국민식량공급원으로 중요한 역할을 해왔으나 국가 경제발전과 국민식생활의 고급화로 보리쌀 먹기를 기피함으로써 소비량이 급격히 감소하고, 또한 타작물에 비해 상대적으로 소득이 낮아 보리농사가 사양화됨으로서 그 재배면적이 '60년대 90만ha까지 이르던 것이 급격히 감소하여 7~8만ha에 머무르고 있는 실정이다. 그러나 최근 들어 찰쌀보리는 등 보리의 용도개발로 그 수요가 늘어나는 추세일 뿐만 아니라 건강에 대한 관심 고조로 기능성을 함유한 식품산업이 각광을 받고 있다.

보리는 쌀이나 밀 등 일반 곡류가 갖지 않는 영양성분 및 기능성 물질을 많이 함유하고 있기 때문에 식품으로서의 특이한 장점을 갖고 있으며, 소비 촉진을 위해서 보리의 가공기술을 개발하여 가공 식품을 보급시키는 것이 중요하다고 판단된다. 현재까지 보리에 관한 연구는 단백질^(3,4), 무기질⁽⁴⁻⁶⁾, 아미노산⁽⁵⁻¹⁰⁾, 지방질 성분 분석^(11,12), 식이섬유⁽¹³⁾, 비타민^(5,8,14) 등의 함량 및 수분흡수 특성⁽¹⁵⁻¹⁸⁾, β -glucan 함량⁽¹⁹⁾, 취반⁽¹⁶⁾에 관한 연구, 보리의 품질 개선을 위한 도정·가공방법 및 품질 특성에 관한 연구^(6,20-22), 보리 전분에 관한 연구⁽²³⁻²⁵⁾, 보리가공품 제조에 관한 연구⁽²⁶⁻²⁸⁾가 일부 수행 되고 있을 뿐 유색보리에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

보리는 형태학적으로 보면 과피, 종피, 배유와 배로 되어 있다. 보리가 성숙되어감에 따라 열매와 껍질이 분리되지 않게 되면 겉보리가 되고 완전히 성숙한 후에도 잘 분리되면 쌀보리가 되는데, 이는 1번 염색체에 있는 단순열성유전자에 의하여 지배된다고 하였다⁽¹⁷⁾. 보리의 배유전분은 아밀로오스 함량이 대체로 13-24% 정도의 변이를 보이지만 배유전분의 돌연변이에 의하여 생긴 찰보리는 거의 100%가 아밀로펙틴으로 되어 있고, 일반적으로 곡류의 종류에 관계없이 찰성 전분은 메성 전분에 비하여 팽윤이 빨리 일어나고 점도가 높으나 break down이 빠르고 아밀로오스가 없어 set back이 아주 낮은 것으로 보고 되었다⁽²⁹⁻³³⁾.

β -glucan은 일반 곡류에 비하여 보리에 많이 함유되어 있는 것으로 밝혀

져 있으며 고립내부의 다당류 중에서 비교적 낮은 온도에 용해되어 강한 점성을 띠는 물질로서 주로 양조를 중심으로 1950년대부터 연구의 대상이 되어오다가 최근에 와서 이화학적인 특성에 대하여 활발한 연구가 수행되고 있다. Prentice 등⁽³⁴⁾에 의하면 맥주 및 사료용 보리 즉, 겉보리의 β -glucan 함량은 분석방법에 따라 그 차이가 크나 대체로 4-8%를 함유한다고 하였다. 보리의 이용을 향상시키고 새로운 용도를 개발하기 위해서는 먼저 보리의 품질에 대한 기초 연구가 다각적으로 이루어지고 이를 기초로 하여 가공 이용에 관한 연구의 수행이 필요하다.

활성산소는 노화와 성인병 질환의 원인이기 때문에 활성산소를 조절할 수 있는 물질로 알려진 항산화제의 연구가 활발히 진행되어 효소계열이며 예방적 항산화제인 SOD(superoxide dismutase), glutathione peroxidase, catalase 등과 천연 항산화제인 tocopherol, vitamin C, carotinoid, catechin, glutathione 및 합성 항산화제인 BHA, BHT, Troxol-C를 필두로 한 많은 항산화제의 개발 연구가 보고 되어져있다. 식품의 가공 또는 저장 중에 일어나는 산화를 방지하기 위한 수단으로 가장 많이 사용되는 항산화제 중 하나인 tocopherol은 항산화 효과가 비교적 낮은 편이고, 합성 항산화제인 BHA와 BHT의 효과는 뛰어나지만 변이원성 및 독성에 의해 좀더 안전하고 효력이 강한 천연 항산화제의 개발이 필요하다. 최근에 주목받고 있는 것이 식품 중의 항산화 성분이다. 많은 연구에 의하면 산소와 태양광의 환경으로부터 진화의 과정을 따라 항산화적 방어기구를 획득하여 왔다고 보고 있다. 특히 불포화 지방산을 다량 함유하고 있는 종자, 곡류 및 두류 등의 식물 종자는 종의 보존을 위하여 산화적 스트레스(oxidative stress)에 대한 방어 작용이 강한 물질을 함유하고 있다⁽³⁵⁾. 그러므로 유색보리의 항산화 성분의 함량을 검토하는 것이 가능성이 좋은 보리 품종개발에 중요한 자료가 되리라고 본다.

따라서 그 동안 보리에서도 유색미와 마찬가지로 유색보리 개발에 대한 필요성이 강하게 대두되었으며 이에 따라 창녕재래 등 우리나라 재래종 보리와 외국도입품종을 교배모본으로 하여 유색보리 계통육성을 착수하게 되었다.

본 시험은 육성된 고 세대 계통 중 농업형질이 우수하고 특히 생산력이 뛰어난 유색보리 계통을 선발하여 중간모본을 육성하고 나아가서는 보리의 가공식

품 개발과 함께 소비촉진을 통하여 농가소득에 기여하고자 수행하였다.

현재 우리나라 보리식품의 가공·이용율은 전체 보리 생산량으로 볼 때 극히 미미한 수준이며 금후 기존의 소비(가공)방식을 유지하면서 가공·이용 비율을 증대시킬 수 있는 새로운 용도를 개발하여 부가가치를 획기적으로 향상시킬 수 있는 방안이 절실히 필요한 실정이다. 기능성 유색 보리의 육종 및 기능성 물질 함유 식품 개발연구 방향은 폴리페놀 함량이 높은 기능성 보리와 폴리페놀함량이 낮은 기존의 식용보리로 구분하여 품종을 개발하고 및 성분특성에 맞는 용도개발 연구를 추진하고자 한다. 유색보리는 전곡상태로서 식이섬유를 다량 함유하고 있으며, 최근 선호되고 있는 흑색식품 계열의 기능성 작물로 성장 발전할 가능성이 있다. 따라서 본 연구는 새로운 유색보리 품종의 이화학적 특성 및 항산화 효과를 밝혀내고, 우수한 품종을 선별하여 이를 이용한 기능성 식품 개발 연구로 발전시키고자 한다.

보리는 국제 주요 식량 작물이며 우리 농산물의 애용과 건강 기능성 식품에 관한 관심의 증가로 서서히 보리 소비량이 증가하고 있고 이 증가량은 앞으로 계속 증가할 것으로 추정된다. 이와 같이 수요에 대응하기 위해 국내 보리 생산량도 계속 활기를 띠 것으로 생각되며 본 연구를 통하여 보리를 원료로 한 건강 기능성 식품을 개발하여 새로운 수요를 창출하고, 원료의 안정하고 고품질의 재배 생산을 위한 안전 다수확 재배 기술 및 고품질 우량종의 선발 및 육성 보급을 연구 목표로 하였다. 또한 기능성 약리 성분의 물리 화학적 특성, 품종 및 환경 변이를 구명하여 품질이 우수한 품종의 개발로 보리 소비를 촉진시키고 약리 작용을 구명하고 건강 기능성 식품을 개발하여 국민 건강에 이바지 하고자 한다.

제 2 장 국내외 기술 개발 현황

식료품 가공 산업중에서 보리를 이용한 가공산업은 극히 일부에 지나지 않으며 정확한 통계치도 찾기가 매우 힘든 상황으로 매우 저조하다.. 또한 보리 가공산업 중 대부분은 맥주나 소주의 원료로 사용되는 양조용 산업이 차지하고 있음. 양조용을 제외한 보리 가공 보리의 국내생산은 1980년도에 81만 천톤이었으나 매년 급격히 감소하여 1994년에는 23만2천 톤으로 줄어 들고 있다. 그러나 1995년에는 생산량이 29만 천톤으로 증가하였는데, 이는 보리의 소비량 과 밀접히 관계가 있다고 여겨진다. 즉 1980년도에 전체 보리 소비량이 140만 7천톤이던 것이 1985년에는 89만 6천톤으로 급격히 감소하였고, 5년후 인 1990년에는 다시 42만 7천톤으로 더욱 감소하고 있는 실정이다. 그러나 1990년대부터 일기 시작한 우리 농산물 애용과 건강식의 이해 증진으로 서서히 보리 소비가 증가하기 시작하여 1994년에는 48만톤, 1995년에는 더 증가하여 51만 천톤으로 소비량이 계속 증가할 것으로 추정되고 있으며, 이와 같은 보리의 수요에 대응하기 위해 국내 보리 생산도 계속 활기를 띠 것으로 예상되어 진다. 최근 국내에서도 보리를 이용한 식품의 개발을 인식하고 이러한 기능성 성분의 이해와 함께 보리를 소재로 한 많은 기능성 식품의 개발 및 성인병 예방효과를 과학적으로 증명해야 할 때이며 더불어 농촌의 보리 생산자들도 보리의 식품으로서 이용 가능성 및 중요성에 대해 인식이 고조되고 있다.

보리는 쌀과 함께 우리 식생활에서 빼놓을 수 없는 곡물로 주로 밥을 지을 때 혼반용으로 이용하거나 맥아를 만들어 맥주나 식혜를 만들 때 이용하거나 기타 미숫가루 등 여러 가지 용도로 활용되고 있어 왔다. 보리에는 비타민B, 칼슘, 철분, 판토텐산 등과 같은 영양소와 베타글루칸(β -glucan)이라는 식이섬유가 풍부하게 함유되어 있는데 최근에 영양과잉으로 인한 성인병이 증가하면서 건강식품에 대한 관심과 수요가 증가하면서 기능성 식품 소재로 이용 가치가 높아지고 있다.

보리의 효능으로는 우리 몸의 열을 제거하고 위장을 편안하게 해주고 소화기관을 강화시켜 소화기능을 도와줌, 그리고 베타글루칸과 같은 식이섬유는 간에

서 콜레스테롤이 생성되고 축적되는 것을 막아주고, 혈액 중의 콜레스테롤치를 낮추주고, 혈당이나 뇨당의 증가를 억제하여 동맥경화, 고혈압 등의 심장질환을 예방해 주고 당뇨병에 효과적이며, 변비와 비만을 방지하고 각종 질병에 대한 저항성을 증진시킨다. 전곡립의 섭취는 우리나라 사람들이 쉽게 받아들일 수 있는 식 문화중의 하나로 보리의 기능성 성분을 다량 함유하는 품종의 개발이 기대되며, 현재 생식과 선식과 같은 식품은 환자 뿐 아니라 건강을 지키려는 일반인들에게도 높은 관심이 있어 기능성 성분이 높은 보리가 선발, 육성되어 이들 품종의 보리를 이용한 기능성 식품의 개발 및 생리활성의 구명으로 각종 성인병 치료에 보조 수단으로 사용하여 나타나는 임상적인 효과를 구명하여 치료에 도움이 된다는 증명을 할 수 과학적인 시도가 필요하다. 베타글루칸(β -glucan)이란 알곡내의 세포벽을 이루는 주요물질로서 대사 생리에 중요한 역할을 하는 점성인 식이섬유소의 일종으로서 곡식 중 보리에 가장 많아 쌀의 50배, 밀의 7배 이상을 함유하고 있음. 베타글루칸은 대장균에 의해 부티릭산(butyric acid)과 같은 저분자 지방산으로 분해되어 간에서의 콜레스테롤 합성을 억제하였다는 연구결과와 베타글루칸은 음식물을 통해 섭취된 지방이나 콜레스테롤 등과 잘 결합하여 효소에 의한 분해작용을 막아 몸 밖으로 배설시킴으로써 과도한 영양섭취로 인한 지방의 축적을 억제하여 비만을 방지할 수 있음을 보고하였다.

선진국일수록 건강과 국민보건에 대한 관심이 크기 때문에 기능성 식품에 관한 연구와 관련 산업도 일찍부터 이루어지고 있다. 그러나 보리의 이용가능성은 대부분이 혼식의 형태로 적용하는 방법이 다수를 이루고 있어 보리로부터 건강에 기여할 수 있는 항산화 성분의 대량, 신속 추출방법의 확립은 국가와 기업 기술력으로 자체개발 할 필요가 반드시 있다.

생체산화억제물질 소재의 개발과 이용에 관한 기술의 국내 개발이 이루어지면 암, 노화방지, 각종 순환기 질환예방, 숙취해소, 피부미용 등의 기능성 제품의 생산기술이 실용화되어 연간 수천억원의 외화절감과 국내자원의 활용으로 현대에 불치병으로 알려진 성인병 예방차원으로 국민건강증진에 기여할 것 예상되어 진다.

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제 1 절 재료 및 방법

<제1세부과제 : 기능성 유색보리 개발>

1. 재료 및 재배방법

가. 기능성 유색보리 계통 선발

1) 공시조합 및 계통 수

Table 1. Number of Colored barley Combinations and Lines

세대별	공 시		비 고
	조합수	계통(개체)수	
인공교배	27	-	조숙 내재해 양질 다수성 조합 (유색쌀보리)
F ₁	15	1,857	
F ₂	10	조합당 2,000개체	
F ₃ 이후	40	745	
계	92	1,857개체 745계통	

2) 재배법

Table 2. Culture Method

파종기	파종방법	휴폭	시비량 (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)
월.일		cm	kg/10a
10. 15~30	10cm 점파	40	12 - 8 - 7

3) 주요조사항목 : 내재해성, 출수기, 성숙기, 선발에 필요한 주요특성

나. 기능성 유색보리 내병성 검정

- 1) 공시재료 : 유색보리 300계통
- 2) 공시장소 : 호위축병 상습발병 포장(익산)
- 3) 조사항목 : 호위축병 이병정도, 회복정도

다. 기능성 유색보리 내한성 검정

- 1) 공시재료 : 유색보리 100계통
- 2) 공시장소 : 남원 운봉 시험소(해발 430m) 및 경기 연천 시험지
- 3) 조사항목 : 고사율, 내한성 정도

라. 기능성 유색보리 계통 곡립 특성 검정

- 1) 공시재료 : 유색보리 100계통
- 2) 재배법

Table 3. Culture Method

파종기	파종량	휴폭×파폭	시비량 (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)
월.일	kg/10a	cm	kg/10a
10. 20	13	40 × 18	12 - 8 - 7

- 3) 조사항목 : 장폭비, 풍만도 및 착색정도 등

마. 기능성 유색보리 계통 생산력 검정

- 1) 공시재료 : 유망 유색보리 57계통
- 2) 재배법

Table 4. Culture Method

파종기	파종량	휴폭×파폭	시비량 (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)
월.일	kg/10a	cm	kg/10a
10. 25	16	120 × 90	15 - 10 - 18

3) 주요조사항목 : 출수기, 간장, 수량구성요소 및 수량성

<제 2 세부과제 : 보리 항산화 성분의 기능 평가 및 기능성 신제품 개발>

1. 실험 재료 및 전처리

실험에 사용한 재료는 작물과학원 호남농업연구소 시험포장에서 2002년도에 재배된 유색보리 40종, 춘추쌀보리와 시중에서 구입한 겉보리를 대조군으로 사용하였다(Table 5, Fig. 1). 각각의 보리시료는 Micro Hammer Mills로 5분간 마쇄한 후 50 mesh로 거른 다음 냉장보관하면서 시료로 사용하였다.

Table 5. The Name of 40 Colored Barley Lines

No.	계통번호	교배조합
Colored Barley 1	CN9777-BG-BSP-7-1-2	YB2101/수원 304호//낙영보리
Colored Barley 2	CN9777-BG-BSP-7-2-3	"
Colored Barley 3	CN9777-BG-BSP-7-3-1	"
Colored Barley 4	CN9755-BG-BSP-4-1-1	도쿠시마모찌하다까/강호쌀보리
Colored Barley 5	CN9755-BG-BSP-4-1-3	"
Colored Barley 6	CN9755-BG-BSP-4-2-1	"
Colored Barley 7	CN9754-BG-BSP-2-1-2	도쿠시마모찌하다까/익산 46호
Colored Barley 8	CN9754-BG-BSP-2-1-3	"
Colored Barley 9	CN9754-BG-BSP-2-2-1	"
Colored Barley 10	CN9747-B-42-1-1-1	기카이하다까//YB2101/수원 304호
Colored Barley 11	CN9747-B-42-1-2-1	"
Colored Barley 12	CN9747-B-42-1-2-2	"
Colored Barley 13	CN9747-B-42-1-2-3	"
Colored Barley 14	CN9775-B-44-1-1-3	조슈시로하다까/신안찰쌀보리
Colored Barley 15	CN9775-B-44-1-2-1	"
Colored Barley 16	CN9775-B-44-1-2-3	"
Colored Barley 17	CN9775-B-44-1-3-1	"
Colored Barley 18	CN9775-B-44-1-3-2	"
Colored Barley 19	CN9766-BSP-144-2-3-1	하야우레하다까/함안군북찰쌀보리
Colored Barley 20	CN9766-BSP-144-2-3-2	"
Colored Barley 21	CN9766-BSP-144-2-3-3	"
Colored Barley 22	CN9758-B-6-1-1-1	하야우레하다까/미상 찰보리
Colored Barley 23	CN9758-B-6-1-1-2	"
Colored Barley 24	CN9758-B-6-1-1-3	"
Colored Barley 25	CN9758-B-6-1-2-2	"
Colored Barley 26	CN9758-B-6-1-2-3	"
Colored Barley 27	CN9744-B-14-1-1-2	내한쌀보리/도쿠시마모찌하다까
Colored Barley 28	CN9744-B-14-1-1-3	"
Colored Barley 29	CN9744-B-14-1-2-2	"
Colored Barley 30	CN9744-B-14-1-2-3	"
Colored Barley 31	CN9744-B-14-1-3-1	"
Colored Barley 32	CN9718-B-53-1-2-1-1	이리30호//도쿠시마모찌하다까/뉴골덴 F ₅
Colored Barley 33	CN9718-B-53-1-2-1-2	"
Colored Barley 34	CN9718-B-53-1-2-1-3	"
Colored Barley 35	CN9781-B-7-1-1-2-1	내한쌀보리//모찌무기/관동피69호
Colored Barley 36	CN9781-B-7-1-1-2-3	"
Colored Barley 37	CN9781-B-7-1-1-3-1	"
Colored Barley 38	CN9781-B-7-1-1-3-2	"
Colored Barley 39	CN9781-B-7-1-1-3-3	"
Colored Barley 40	CN9781-B-7-1-2-1-3	"

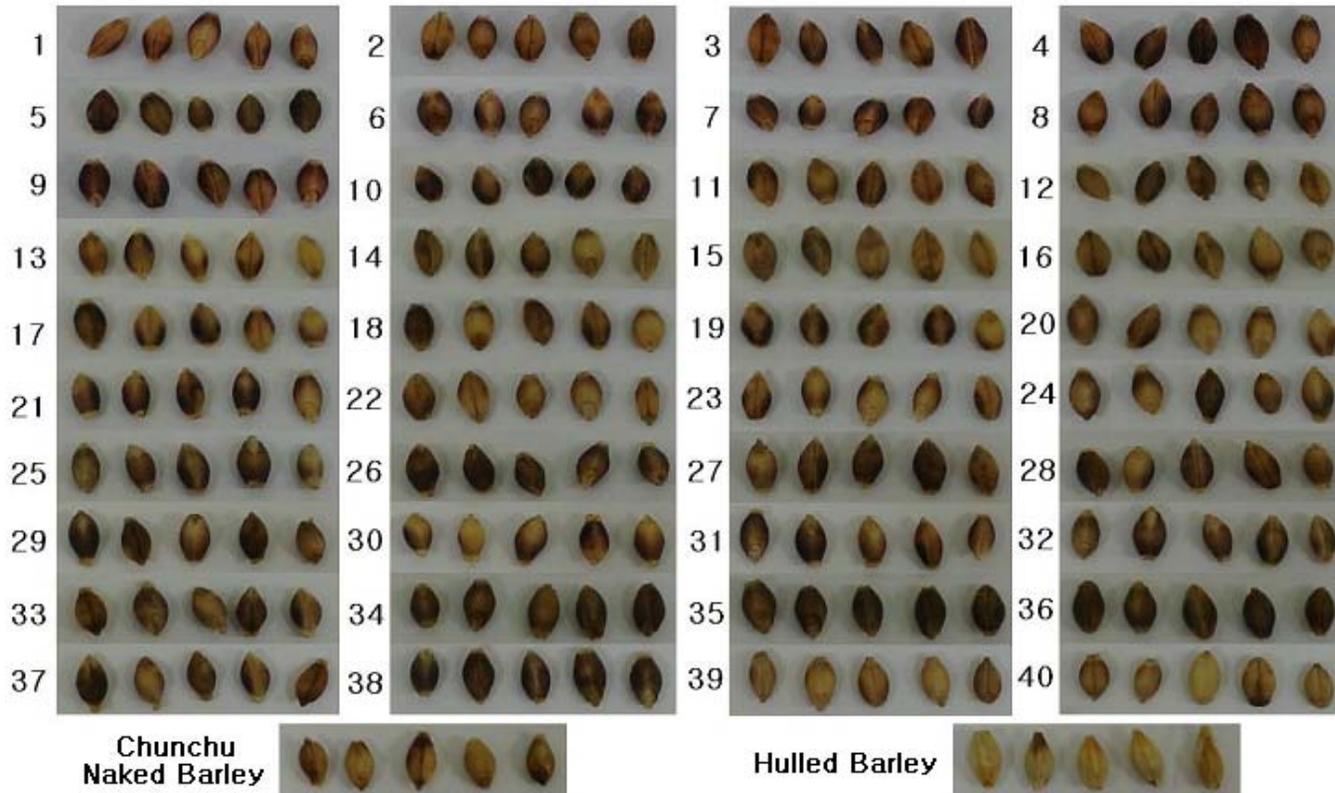


Fig. 1. Appearance of 40 Colored Barley Lines, Chunchu Naked Barley and Hulled Barley
 1-40 : 40 Colored Barley Lines

2. 유색보리의 생리활성물질 추출

유색보리의 항산화 물질의 최적 추출조건과 함께 항산화 효과를 알아보기 위해 Fig. 2와 같은 방법으로 추출하였다. 보리 가루 2g을 0.1% 농도의 TFA(trifluoroacetic acid)가 첨가된 ethanol을 30ml 넣고, 25℃의 water bath에서 3시간 동안 교반(100rpm)하면서 3회 반복 추출하여 Whatman No. 2 여과지로 여과한 다음 진공회전감압장치를 이용하여 5ml까지 농축하여 시료로 사용하였다.

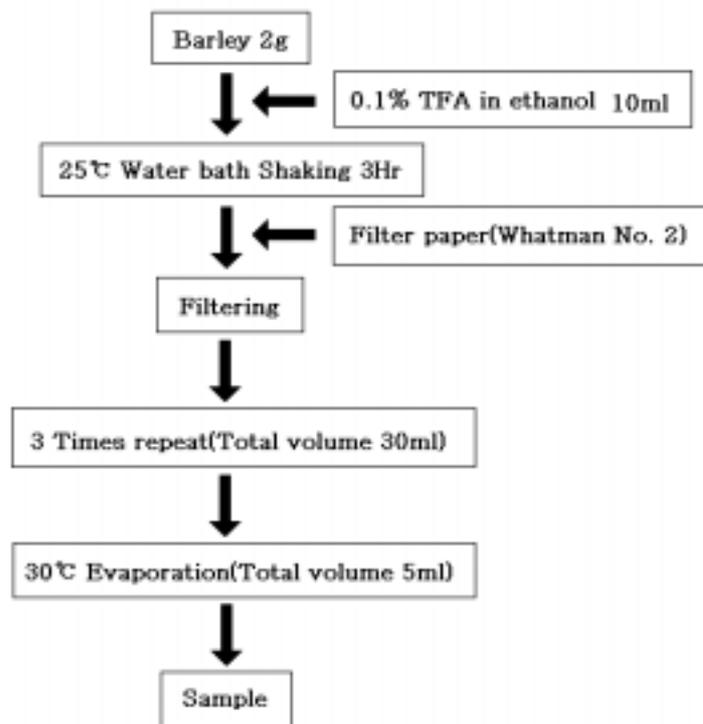


Fig. 2. Scheme of Extracts in Colored Barley, Chunchu Naked Barley and Hulled Barley

3. 유색보리의 40종의 그룹화

일반보리에 비해 색이 진한 품종의 유색보리가 기능성 소재로서의 활용성이 높음을 검토하기 위해 유색보리 가루의 색도 중 적색도와 유색보리 추출물의 총 anthocyanin 색소 함량의 결과를 SAS system의 군집분석 Proc Cluster Ward 방법으로 통계 처리하여 유색보리 40종을 3그룹으로 분류하였으며 Table 6과 같다.

Group I 은 유색보리 3, 4, 5, 22, 26, 27, 34, 35, 36, 38, Group II 는 유색보리 1, 11, 13, 17, 18, 20, 21, 25, 32, 37이었으며, Group III 은 유색보리 2, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 19, 23, 24, 28, 29, 30, 31, 33, 39, 40 이었다.

Table 6. The Grouping of 40 Colored Barley Lines

No.	계통번호	Grouping
Colored Barley 1	CN9777-BG-BSP-7-1-2	Group II
Colored Barley 2	CN9777-BG-BSP-7-2-3	Group III
Colored Barley 3	CN9777-BG-BSP-7-3-1	Group I
Colored Barley 4	CN9755-BG-BSP-4-1-1	Group I
Colored Barley 5	CN9755-BG-BSP-4-1-3	Group I
Colored Barley 6	CN9755-BG-BSP-4-2-1	Group III
Colored Barley 7	CN9754-BG-BSP-2-1-2	Group III
Colored Barley 8	CN9754-BG-BSP-2-1-3	Group III
Colored Barley 9	CN9754-BG-BSP-2-2-1	Group III
Colored Barley 10	CN9747-B-42-1-1-1	Group III
Colored Barley 11	CN9747-B-42-1-2-1	Group II
Colored Barley 12	CN9747-B-42-1-2-2	Group III
Colored Barley 13	CN9747-B-42-1-2-3	Group II
Colored Barley 14	CN9775-B-44-1-1-3	Group III
Colored Barley 15	CN9775-B-44-1-2-1	Group III
Colored Barley 16	CN9775-B-44-1-2-3	Group III
Colored Barley 17	CN9775-B-44-1-3-1	Group II
Colored Barley 18	CN9775-B-44-1-3-2	Group II
Colored Barley 19	CN9766-BSP-144-2-3-1	Group III
Colored Barley 20	CN9766-BSP-144-2-3-2	Group II
Colored Barley 21	CN9766-BSP-144-2-3-3	Group II
Colored Barley 22	CN9758-B-6-1-1-1	Group I
Colored Barley 23	CN9758-B-6-1-1-2	Group III
Colored Barley 24	CN9758-B-6-1-1-3	Group III
Colored Barley 25	CN9758-B-6-1-2-2	Group II
Colored Barley 26	CN9758-B-6-1-2-3	Group I
Colored Barley 27	CN9744-B-14-1-1-2	Group I
Colored Barley 28	CN9744-B-14-1-1-3	Group III
Colored Barley 29	CN9744-B-14-1-2-2	Group III
Colored Barley 30	CN9744-B-14-1-2-3	Group III
Colored Barley 31	CN9744-B-14-1-3-1	Group III
Colored Barley 32	CN9718-B-53-1-2-1-1	Group II
Colored Barley 33	CN9718-B-53-1-2-1-2	Group III
Colored Barley 34	CN9718-B-53-1-2-1-3	Group I
Colored Barley 35	CN9781-B-7-1-1-2-1	Group I
Colored Barley 36	CN9781-B-7-1-1-2-3	Group I
Colored Barley 37	CN9781-B-7-1-1-3-1	Group II
Colored Barley 38	CN9781-B-7-1-1-3-2	Group I
Colored Barley 39	CN9781-B-7-1-1-3-3	Group III
Colored Barley 40	CN9781-B-7-1-2-1-3	Group III

4. 이화학적 특성

가. 일반 성분

유색보리의 일반 성분은 AOAC 방법⁽³⁸⁾에 따라 정량하였다. 즉, 수분 함량은 105°C 5시간 건조법으로, 조단백질 함량은 Kjeldhal법으로 측정하였으며, 조지방은 Soxhlet법 그리고 조회분은 550°C 직접 회화법으로 측정하였다.

나. 무기 성분

건식분해법⁽⁴⁴⁾에 따라 시료 일정량을 도가니에 취하여 예비 탄화시킨 다음 전기로(500°C)에서 완전히 회화시켰다. 방냉 후 HCl : water(1 : 3 v/v) 10ml를 첨가하여 30분 정도 100°C water bath에서 가열하여 방냉 후 1N HNO₃용액(Ca은 La으로서 1,000ppm이 되도록 LaCl₃를 첨가한 1N HNO₃용액)으로 50ml로 정용하여 유도결합플라즈마(Inductively Coupled Plasma Spectrometer, Atomscan Advantage, Thermo Jarrell Ash, USA)를 이용하여 무기성분(Ca, Mg, Cu, K, Mn)을 분석하였다.

다. 총 식이섬유 및 β-glucan 함량

총 식이섬유 함량은 enzymatic method로 AOAC Total Dietary Fiber kit(Sigma TDF 100A)로 정량하였다.

β-glucan은 오 등의 분석방법⁽⁴⁵⁾을 변형시켜 Fig. 3과 같이 추출하였다. 즉, 보리 가루 50g을 증류수 250ml에 분산시켜 pH 10으로 조정하여 실온에서 20시간 방치하여 연화시킨 다음, pH 6으로 조정하고 termamyl(Sigma Co., USA) 25ml를 가하여 95°C water bath에서 2시간 동안 75rpm으로 shaking시켰다. 이것을 다시 pH 4.5로 조정하고 amyloglucosidase 7.5ml를 가하여 60°C에서 2시간 동안 반응시킨 후, 끓은 물에서 30분간 가열하여 효소를 불활성화 시켰다. 이것을 냉각시킨 다음 4,000rpm으로 20분간 원심분리하여 상층액만을 취하여 ethanol 농도를 10% 이하로 낮추고 pH 4.5로 조정한 후 amyloglucosidase 7.5ml를 다시 가하여

60℃에서 2시간 동안 shaking시켰다. 끓은 물에서 30분간 가열하여 효소를 불활성화 시키고 이를 냉각한 다음 ethanol 농도 80%가 되도록 ethanol을 가하고 원심분리하여 crude β -glucan을 얻었다. 이 crude β -glucan에 증류수를 가하여 ethanol 농도가 10% 이하가 되도록 한 후 pH 6으로 조정하고 termamyl 25ml를 가하여 95℃ water bath에서 2시간 동안 75rpm으로 shaking시켰다. 이것을 다시 pH 4.5로 조정하고 amyloglucosidase 7.5ml를 가하여 60℃에서 2시간 동안 반응시킨 후, 끓은 물에서 30분간 가열하여 효소를 불활성화 시켰다. 이것을 냉각시킨 다음 ethanol 농도 80%가 되도록 ethanol을 가하여 원심분리하였다. 여기서 얻은 침전물에 다시 증류수를 가하여 termamyl 및 amyloglucosidase 효소처리를 반복하였다. 침전물에 다시 증류수를 가한 후 pH 4.5로 조정하고 amyloglucosidase 7.5ml를 가하여 60℃에서 2시간 동안 반응시켰다. 이것을 pH 7.5로 재조정하고 protease 0.25g을 가하여 37℃에서 2시간 shaking 시킨 다음 끓는 물에서 30분간 가열하여 효소를 불활성화 시켰다. 이를 냉각시킨 후 ethanol 농도가 80% 되도록 한 다음 원심분리한 후 침전물을 동결 건조하여 순수한 β -glucan을 정량하였다.

라. 아밀로오스와 아밀로펙틴의 함량

보리 가루의 아밀로오스와 아밀로펙틴 함량은 Williams 등의 방법⁽⁴⁶⁾에 따라 측정하였다. 보리 가루 20mg을 100ml 플라스크에 취하고, 0.5N KOH용액 10ml를 가하여 시료를 잘 분산시킨 다음 증류수를 가하여 100ml로 하였다. 이 용액을 10ml 취하여 0.1N HCl 5ml로 중화시킨 후 증류수를 가하여 45ml가 되게 하였다. 요오드 용액(0.2% I₂와 2% KI 혼합액) 0.5ml를 가하고 증류수로 전체가 50ml가 되게 한 후 실온에서 5분간 방치한 다음 625nm에서 흡광도를 측정하여 표준 곡선으로부터 아밀로오스 함량과 아밀로펙틴 함량을 구하였다.

$$\text{Amylopectin (\%)} = 100 - \text{Amylose (\%)}$$

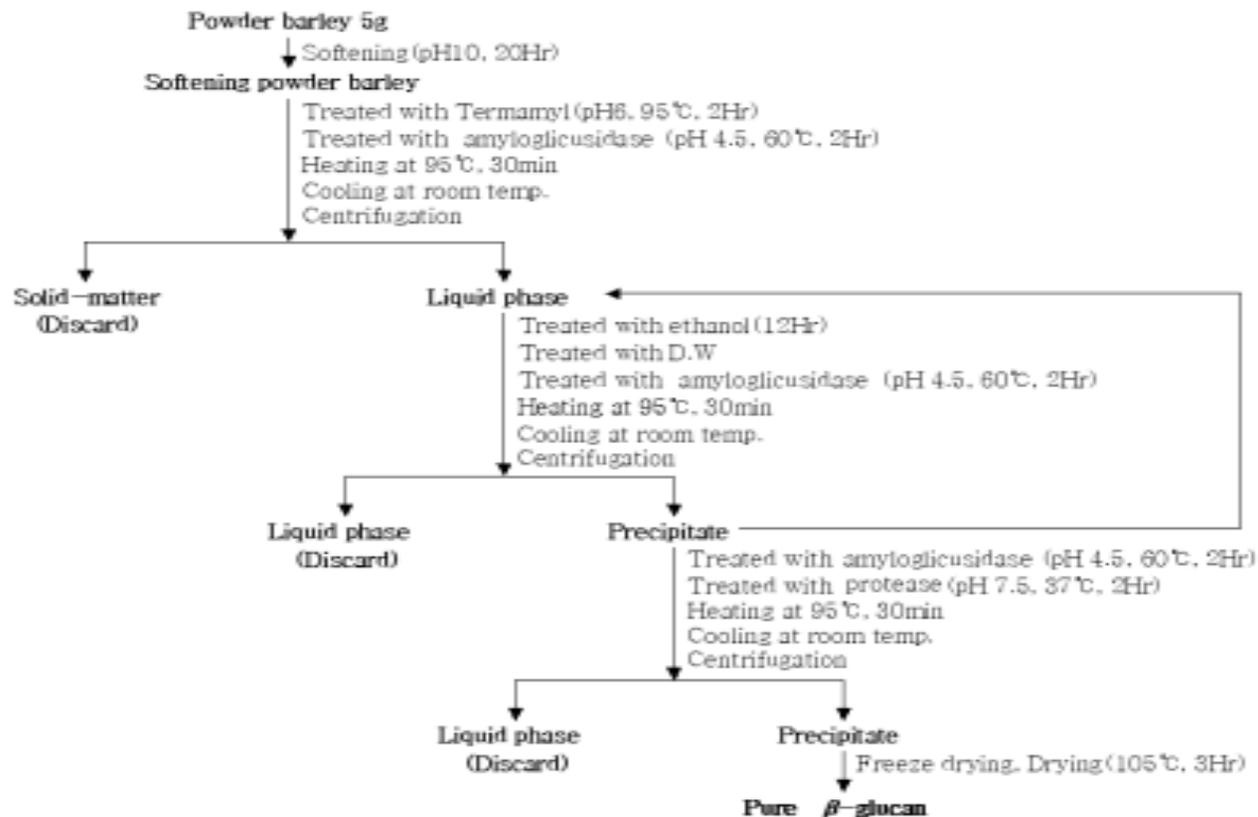


Fig. 3. Determination of β -glucan

마. 입도 분석

보리 가루를 100 mesh로 마쇄한 후 particle size analyser (HELOS, Germany)를 사용하여 분석하였다. focal length : 100mm, beam length : 2.2mm 의 조건으로 입도분석을 실시하였다.

바. 수분결합능력

보리의 수분결합능력은 Medcalf와 Gilles의 방법⁽⁴⁷⁾에 따라 다음과 같이 실험하였다. 보리 가루 2g을 칭량하여 비이커에 취한 후 증류수 30mℓ를 가한 다음 1시간 동안 교반하였다. 현탁액을 항량한 튜브에 옮기고 증류수로 비이커를 세정하면서 50mℓ로 정용하여 원심분리(1000rpm, 30min)후 상정액은 제거하고 거꾸로 세워 1분 정도 유지시켰다. 침전된 보리의 무게(A)를 측정하여 보리와의 중량비로부터 수분결합능력을 계산하였다.

$$\text{수분결합능력}(\%) = \frac{A(g) - \text{시료의무게}(g)}{\text{시료의무게}(g)} \times 100$$

사. 수분흡수속도

보리 가루 1g을 20, 30, 40 및 50℃ water bath에 침지하면서 20분후에 꺼내어 여과지로 표면수를 제거한 다음 무게 증가량으로부터 건물 1g당 수분 증가량을 계산하였다. 실험은 3회 반복하여 그 평균값을 취하고, 수분흡수속도는 Becker⁽⁴⁸⁾의 확산방정식에 의하여 계산하였다.

$$m - m_0 = k\sqrt{t}$$

m : 일정시간의 침지후의 수분증가량 (g, H₂O/g dry matter)

m₀ : 보리의 초기수분함량 (g, H₂O/min^{1/2})

t : 침지시간 (g, H₂O/min^{1/2})

아. 팽윤력과 용해도

Schoch의 방법⁽⁴⁹⁾과 Leach 등의 방법⁽⁵⁰⁾을 변형시켜 55, 60, 65, 70, 80℃

및 90℃에서 팽윤력과 용해도를 측정하였다. 15ml 튜브에 보리 가루 100mg을 취하고 증류수를 가해 10ml로 하여 현탁시 킨 다음 water bath를 이용하여 30℃에서부터 각각의 온도까지 1℃/min 상승시키고 각 온도에서 30분간 유지시켰다. 내용물은 실온이 될 때까지 재빨리 얼음물로 냉각시키고, 원심분리(3000rpm, 15min)하여 상등액을 건조한 고형물의 중량으로부터 용해도를 구하였으며, 침전물의 부피와 침전물의 무게로부터 팽윤력을 측정하여 다음 식에 따라 계산하였다.

$$\text{팽윤력 (ml/g)} = \frac{\text{침전물의부피 (ml)}}{\text{침전물의무게 (g)}}$$

자. X-ray 회절도 및 주사전자현미경 촬영

보리 가루를 300 mesh로 마쇄한 후 Owusu-Ansah 등의 방법⁽⁵¹⁾에 따라 X-ray diffractometer를 이용하여 target : Cu-K α , filter : Ni, scanning speed : 5.0°/min의 조건으로 회전각도(2 θ) : 5°부터 40°까지 회절시켜 회절각도에 따른 피크의 위치로부터 결정형을 분석하였다.

보리 가루를 동결 건조하여 100 mesh로 마쇄한 후 140Å 두께로 금도금을 한 후 주사전자현미경을 이용하여 15kV에서 200, 300, 1000, 3000배의 비율로 입자의 형태를 분석하였다. 즉, 입자의 형태는 보리 가루를 1000배의 비율로 관찰하고, 보리의 겨를 1000배 비율로 관찰하였다. 그리고 보리를 200, 300, 1000, 3000배의 비율로 관찰하였다.

5. 유색보리의 색소 함량 측정

가. 총 anthocyanin 색소 함량

보리 추출물을 Ultra Spectrophotometer 3000(Pharmacia사)을 이용하여 UV 535nm에서 3회 측정하여 평균으로 나타내었다.

나 유색보리 가루의 색도 측정

보리 가루의 색도는 색차계(color and color difference meter, Model No. CR-300, Minolta Co., Japan)로 측정하였다. 즉 명도를 나타내는

L(lightness)값, 적색의 정도를 나타내는 a(redness)값, 노란색의 정도를 나타내는 b(yellowness)값으로 나타내어 변화된 값을 비교하였다. 표준 평판의 색도는 $L = 97.00$, $a = -0.60$, $b = 0.74$ 이었다. 또한 백색도(Whiteness Index : WI)는 다음 식에 의하여 계산하였다.

$$WI = 100 - [(100 - L)^2 + a^2 + b^2]^{0.5}$$

다. TLC 분석

보리 추출물의 cyanidin-3-glucoside 성분은 TLC 분석으로 실험 하였다. TLC plate(silica gel 60 F₂₅₄, MERCK)로 전개하였으며, 전개용매는 buthanol : water : acetic acid (4 : 5 : 2)로, 발색제는 5% H₂SO₄를 이용하였다.

라. Cyanidin-3-glucoside 함량

보리 추출물의 cyanidin-3-glucoside 함량 분석은 HPLC(Young-lin associates)를 이용하여 Table 7과 같은 조건으로 분석하였으며, 각각의 peak의 면적을 계산하여 함량을 측정하였다.

Table 7. Operating Conditions of HPLC for Analysis of Anthocyanin (Cyanidin-3-glucoside)

Requester	Condition
Instrument	Young Rin associates
Column	ODS-5 (4.5×250mm, Nomura)
Mobile phase	Mathanol : Water = 4 : 6, v/v
Detector	UV 320nm
Flow rate	0.8ml/min

6. 유색보리 추출물의 항산화 효과 측정

가. 총 페놀 함량

유색보리 추출물의 총 페놀 함량 측정은 AOAC의 Folin-Denis법⁽³⁸⁾을 일부 변형하여 비색 정량하였다. 즉 보리 추출물 0.1ml에 2% Na₂CO₃ 2.0ml 넣고 2분간 실온에 정치한 후 50% Folin-ciocalieic(2N) 시약을 0.2ml 가하고 혼합하여 실온에서 30분 정치한 다음 750nm에서 흡광도를 측정하였다. quercetin을 mg/ml의 농도로 조제한 뒤, 표준곡선을 작성하여 계산하였고, 모든 처리는 3회 반복했다.

나. 전자공여능(Electron donating activity) 측정

보리 추출물 0.5ml에 0.15mM DPPH 용액 3.5ml 가하여 잘 섞은 후 517 nm에서 10분간 흡광도의 변화를 측정하여 다음과 같이 계산하여 나타내었다⁽³⁹⁾.

$$\text{EDA} (\%) = 100 - \left(\frac{A}{B} \times 100 \right)$$

A : 시료 첨가군의 흡광도

B : 시료 무첨가군의 흡광도

다. SOD-liked 활성 측정

시험관에 Tris-HCl buffer 3ml, 0.2mM pyrogallol 0.2ml, 보리 추출물 0.2ml를 가하고 25℃에서 10분 방치한 후, 1N HCl 1ml를 첨가하여 반응을 정지시키고 420nm에서 흡광도를 측정하였다⁽⁴⁰⁾.

$$\text{SOD-liked activity (\%)} = 100 - \left(\frac{B}{A} \times 100 \right)$$

A : 시료 첨가군의 흡광도

B : 시료 무첨가군의 흡광도

라. Lecithin oxidation 저해활성 측정

Chloroform 10ml에 egg yolk lecithin 1g을 녹인 후 각 시험관에 100 μ l씩 주입시킨 후, 질소가스로 용매를 제거하였다. 보리 추출물 0.1ml와 Tris-KCl buffer(0.01M Tris-HCl, 0.175M KCl(pH 7.4))에 2mM FeSO₄, 2mM ascorbic acid를 녹여 만든 용액을 각 시험관에 2ml를 가하여 37℃ water bath에서 2시간 동안 shaking 시켰다. 0.7% TBA 1ml, 1% phosphoric acid 3ml, 5mM EDTA 0.5ml를 가하여 100℃에서 30분 동안 방치한 후, 냉각시켜 n-butanol : pyridine(14 : 1) 4ml를 가한 후 원심분리(3000rpm, 10min)하여 532nm에서 흡광도를 측정하였다⁽⁴¹⁾.

$$\text{Relative antioxidative effect (\%)} = \frac{B-A}{B} \times 100$$

A : 시료 첨가군의 흡광도

B : 시료 무첨가군의 흡광도

마. Hydroxyl radical 소거활성 측정

시험관에 0.1mM FeSO₄/EDTA 용액 0.2ml, 10mM 2-deoxyribose 0.2ml, 보리 추출물 0.1ml와 0.1M phosphate buffer(ph 7.4) 1.3ml, 10mM H₂O₂ 0.2ml를 가하고, 37℃ water bath에서 2시간 반응시킨 후 20% TCA(trichloroacetic

acid)용액 1ml를 가하여 100℃에서 15분 가열한 후 급속히 냉각시켜 532nm에서 흡광도를 측정하였다⁽⁴²⁾.

$$\text{Hydroxyl radical scavenging activity (\%)} = \frac{B-A}{B} \times 100$$

A : 시료 첨가군의 흡광도

B : 시료 무첨가군의 흡광도

바. Hydrogen radical 소거활성 측정

Hydrogen radical 소거활성은 Muller의 방법⁽⁴³⁾을 변형하여 측정하였다. 시험관에 phosphate buffer 0.1ml, ethanol(시료 무첨가군) 또는 보리 추출물 0.02ml를 가한 후 1.0mM의 H₂O₂ 0.02ml를 가하고 5분 동안 방치한 후, 1.25mM ABTS [2,2' azinobis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) 0.03ml와 1U/ml peroxidase 0.03ml를 가하고 37℃ water bath에서 10분간 반응시킨 후 405nm에서 흡광도를 측정하였다.

$$\text{Hydrogen radical scavenging activity (\%)} = \frac{B-A}{B} \times 100$$

A : 시료 첨가군의 흡광도

B : 시료 무첨가군의 흡광도

7. 유색보리를 이용한 기능성 가공식품 개발

가. 볶은 보리차 음료

1) 시료의 열처리

시료보리를 각각의 열처리 조건을 달리하여 볶아 보리차 음료수의 개발을 시도하였다. 즉 열처리방법은 호서대학교 기계공학과에서 제작한 DPH를 이용하여 30초동안 325℃의 열처리 방법과 전기 후라이팬을 이용하여 30초 동안 120℃의 방법, 그리고 비열처리군으로 각각 나누어 가공처리 하였다.

2) 보리차 음료의 품질 특성 평가

볶지 않은 보리와 볶은 보리의 색도는 L, a, b는 색도계를 측정하였으며, 각각의 시료의 갈변지표는 Palombo 등의 방법에 의해 수행하였다. 즉 건조보리샘플 100mg은 증류수 1ml와 완전히 섞었다. 0.2ml 혼합물은 Protease 용액(20mg protease/ml buffer tris, pH7.0, with 50mM CaCl₂)의 0.2ml를 test tube로 옮겨 45℃ water bath에서 2시간 동안 배양시켰다. 얼음물에 식혔고 TCA 0.3ml을 각각 tube에 첨가했다. 원심분리(20분 7000rpm)하고 여과하였다. 갈변도는 스펙트럼에 의해 측정되었다. 갈변값, OD는 $A_{420nm} - A_{550nm}$ 으로 계산했다. 보리차의 항산화활성도는 Deoxy-ribose의 산화도 측정법과 DPPH radical 소거능에 의한 방법에 의해 수행하였다.

나. 보리압출성형공정

1) 파쇄립의 일반성상

50g의 유색보리(Group I) 파쇄립을 12-200mesh 표준체를 사용하여 Ro-Top sieve shaker(W.S. Tyler Co. USA)에서 1시간동안 진탕한 후 각 mesh를 통과하는 파쇄립의 중량으로 입자크기를 측정하였으며, 천립중은 1000개의 파쇄립의 중량을 측정하여 일반 보리와 비교하였다. 수분흡수율은 파쇄립에 5배량의 증류수를 가하고 실온에서 30분-6시간동안 침지시키면서 시간별로 꺼내어 무게 증가량으로부터 수분흡수량을 계산하였다.

2) 압출성형조건

실험에 사용한 압출성형기는 백상기계공업(주)에서 제작한 실험용 동방향 TKD축 압출성형기로서 스크류는 완전맞물림형이며, 스크류 직경 31.0mm, L/D ratio 20, 모터용량은 7.5HP이다. 원료투입속도는 0.15kg/min, 스크류 회전속도는 200-300rpm으로 하였으며, 토출구는 직경 3mm인 원형타입을 사용하였다. 사용한 스크류는 30, 45, 60mm forward pitch screw와 20mm reverse pitch screw(RSE)이며, pitch는 25mm(FP), 16.6mm(2/3P), 12.5mm (1/2P)의 forward type과 12.5mm의 reverse type이었다(Table 8).

과쇄립에 압출성형시 물을 첨가하여 수분함량은 20, 25%로 조정하였으며, 압출온도조건은 90, 105, 120℃로 하였다.

Table 8. Condition of extrusion pressing process for colored barley

	1	2	3	4	5	6
Moisture content(%)	25	25	20	20	20	20
Screw speed(rpm)	206	305	203	302	208	300
1(set/melt temp. °C)	90	92	90	95	108	109
2(set/melt temp. °C)	95	99	90	90	90	92
3(set/melt temp. °C)	57	57	54	54	59	57
	7	8	9	10	11	12
Moisture content(%)	25	25	25	25	20	20
Screw speed(rpm)	204	309	203	302	203	302
1(set/melt temp. °C)	112	112	121	123	121	120
2(set/melt temp. °C)	94	94	77	77	76	76
3(set/melt temp. °C)	57	82	88	88	87	87

3) 압출성형에 의한 pellet의 호화도

Pellet의 호화도는 Kainuma 등의 방법에 따라 유색보리의 파쇄립의 pellet 분말 0.15g을 증류수 15ml에 분산시켜 균질기로 균질화한 후 시료액을 2개의 시험관에 분취하여 상법에 따라 시료액과 완전호화액을 제조하였다. 각각에 효소액(β -amylase와 pullulanase)을 가하고 40°C에서 30분간 반응시킨 다음 생성된 당의 환원력을 Somogyi-Nelson법으로 측정하여 환원당 함량의 비율로서 호화도를 계산하였다.



Fig. 4. The pellets of colored barley made by various extrusion processing

4) Bulk density 및 색도

시료 15g을 눈금실린더에 넣고 좁쌀을 일정량 부어 평형에 도달할 때까지 두드린 다음 측정된 부피에서 좁쌀의 부피를 빼 시료의 부피로 하였으며 시료의 bulk density는 시료의 중량을 부피로 나누어 계산하였다.

색도는 시료를 분쇄한 후 색차계를 이용하여 밝기(Lightness, L), 적색도(Redness, a), 황색도(Yellowness, b)값으로 측정하였다. 이때 표준색판으로는 백색판(L=92.42, a=-0.97, b=0.92)을 사용하였다.

5) WAI, WSI

WAI(water absorption index) 및 WSI(water solubility index)는 Anderson 등의 방법에 따라 분쇄된 시료 1.5g을 50ml 원심분리 튜브에 넣고 증류수 20ml를 가하여 분산시킨 후 30°C에서 30분간 방치한 다음 25,000×g에서 30분간 원심분리하였다. 상등액을 미리 항량을 구한 정량수기에 넣어 105°C에서 건조시켜 고형분량을 측정하여 WSI를 산출하였으며, WAI는 원심분리하여 침전된 침전물의 무게를 측정하여 건조시료 1g에 함유된 수분 무게로 나타내었다.

6) 압착강도

압착강도는 TX-XT2 texture analyzer(Stable Micro Systems, UK)를 이

용하여 측정하였으며, 시료 15g을 직경 44mm, 높이 88mm의 원통형 용기에 넣고 직경 44mm 원형 plate type의 probe를 사용하여 2.0mm/sec의 test speed에서 시료 높이의 50%까지 압착하여 걸리는 힘으로 강도를 나타내었다.

8. 유색보리 미세 파우더 및 압출성형 파우더를 이용한 가공식품 개발

유색보리를 이용한 기능성 식품개발의 일환으로 보리식빵, 보리식초, 보리식초 발효 음료를 제조하였다. 또한 유색보리를 발아시켜 엿기름을 제조하였으며, 이를 이용한 유색식혜를 제조하여 기능성 진통 음료수를 개발하였다. 또한 압출성형 파우더를 이용하여 즉석죽을 제조하였으며, 편의식품에 기능성을 부여할 수 있는 계기를 마련하였다. 또한 초미세 파우더를 이용하여 스프를 제조하였으며, 초미세 파우더를 식품가공에 적용한다면, 쉽게 물에 현탁되는 특성을 충분히 살려 합성 유화제 등의 사용을 자제 할 수 있을 것으로 생각된다.

9. 관능평가

유색보리를 이용한 기능성 식품에 대한 관능검사는 호서대학교 식품영양학과 학생 15명을 관능검사요원으로 선발하여 예비 실험을 통해 반복 훈련 후 실행하였다. 제품의 색, 맛, 외형, 조직감, 전체적인 기호도에 대하여 2회 반복 실시하였다. 검사방법은 9점 기호척도법(hedonic scale)에 의하여 1점은 아주 나쁘다, 9점은 아주 좋다고 평가하였다. 한 개의 시료를 평가한 후에는 반드시 20℃의 물로 입안을 헹군 후 다시 다음 시료를 평가하도록 하였다.

10. 통계분석

본 연구의 결과는 평균±표준편차로 나타내었고, 각 실험군 간의 비교분석은 SAS system을 이용하여 ANOVA 분석 후 $\alpha=0.05$ 에서 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의성을 검증하였다.

제2절 결과 및 고찰

<제1세부과제 : 기능성 유색보리 개발>

1. 기능성 유색보리 계통 선발

가. 기능성 유색보리 계통 선발

1) 계통선발

Table 9. Line Selection

세대별	공 시		선 발		비 고
	조합수	계통(개체)수	조합수	계통(개체)수	
인공교배		-	27	2,376	조숙 내재해 양질 다수성 조합 (유색쌀보리)
F ₁	27	-	15	Bulk	
F ₂	15	조합당 2,000개체	10	642	
F ₃ 이후	40	1,103	30	103(461)	
계	84	1,445 593	82	2,376립 103(461)	

2) 인공교배

- 조숙조합 : 올쌀보리//새쌀보리/창녕재래 등 6조합
- 양질조합 : 제천찰쌀보리/호반찰쌀//흰찰쌀보리 등 7조합
- 내한성조합 : 동호쌀보리/도꾸시마 모찌하다가//동한찰쌀보리 등 5조합
- 내병다수성조합 : 늘쌀보리/창녕재래//내한쌀보리 등 9조합

계 : 27조합

3) 유망조합 선발

Table 10. Selection of Promising Lines

교배번호	교배조합명	주요특성	비고
CN9707	늘쌀보리/도꾸시마 모찌하다가	대립, 내재해, 다수형	신생예 4계통
CN9704	새쌀보리/함안찰쌀보리	단망, 중간, 초형양호	
CN9712	긴쌀보리/도꾸시마 모찌하다가	장수, 중간, 다수형	
CN98002	새쌀보리/도꾸시마 모찌//새쌀보리	단망, 조숙, 광지역성	



Fig. 5. Long awn and Short awn of Colored Barley Lines

기능성 유색보리 계통을 개발하기 위하여 각 특성별로 인공교배를 실시하였다. 그 내역을 살펴보면 조숙으로는 올쌀보리//새쌀보리//창녕재래 등 6조합, 양질 조합으로는 제천찰쌀보리/호반찰쌀보리//흰찰쌀보리 등 7조합, 내한성 조합으로는 동호쌀보리/도꾸시마모찌하다가//동한찰쌀보리 등 5조합 그리고 내병다수성 조합으로는 늘쌀보리/창녕재래//내한쌀보리 등 9조합을 실시하여 총 27조합을 인공교배하였다.

잡종제1세대(F₁)는 총27조합을 공시하여 15조합을 선발하고 잡종제2세대(F₂)는 총 15조합을 공시하여 10조합 642계통을 선발하였다.

잡종제3세대(F₃) 이후는 총 40조합 1,103계통을 공시하여 30조합 103계통 461개체를 강선발하였으며 고세대 계통 중 초형이 양호하고 다수성으로 유망시되는 CN9707 등 17계통을 신규 생산력검정 예비시험 공시계통으로 선발하였다.

2. 기능성 유색보리 내병성 검정시험

가. 기능성 유색보리 보리호위축병 검정 총괄표

Table 11. General Results of BaYMV Test for Functional Colored Barley

구분	공시 계통	이병정도 (0-9)					
		0	1	3	5	7	9
계통	213	79	32	36	49	13	4
생예	63	23	23	8	9	0	0
생본	24	18	4	2	0	0	0
계	300	120	59	46	58	13	4
(%)	(100)	(40)	(19)	(15)	(19)	(4)	(1)



Fig. 6. Experiment Station for BaYMV Test



Fig. 7. Difference in Levels of BaYMV Resistance

나. 기능성 유색보리 계통별 보리호위축병 이병정도 및 회복정도

최근 보리재배에서 가장 문제가 되고 있는 보리호위축병(BaYWV)은 토양전염성 바이러스 병해로서 남부지역을 중심은 발생면적이 점차 증가되고 있는 실정이다. 가장 효과적인 방제는 저항성 품종육성인 바 호남농업연구소의 상습 발병포장을 활용하여 기능성 유색보리 계통에 대한 내병성을 검정하였다. 검정결과 공시된 300계통 중 비교적 저항성이 강한 179계통을 선발하였으며 생산력검정 분시험 계통 CN9744-B-14-1-1-2 등 3계통은 저항성계통으로 유망시되었다(Table 12).

Table 12. Incidence of and Recovery from BaYMV in Functional Colored Barley Lines

NO	계통명	발병 정도 (0-9)	회 복 정도	NO	계통명	발병 정도 (0-9)	회복 정도	NO	계통명	발병 정도 (0-9)	회복 정도
121	Songhag	5	++	161	Songhag	3	++	201	Songhag	3	++
122	CN98020-B-75-2	0	++	162	CN9706-B-B-105-2	0	++	202	CN9712-B-B-133-2	3	++
123	CN98020-B-76-1	1	++	163	CN9706-B-B-106-1	0	++	203	CN9710-B-B-134-1	7	++
124	CN98020-B-76-2	0	++	164	CN9706-B-B-106-2	0	++	204	CN9710-B-B-134-2	3	++
125	CN9702-B-B-77-1	0	++	165	CN9706-B-B-107-1	0	++	205	CN9710-B-B-135-1	3	++
126	CN9702-B-B-77-2	3	++	166	CN9706-B-B-107-2	1	++	206	CN9710-B-B-135-2	0	++
127	CN9702-B-B-78-1	3	++	167	CN9706-B-B-108-1	1	++	207	CN9710-B-B-135-3	0	++
128	CN9702-B-B-78-2	5	++	168	CN9706-B-B-108-2	1	++	208	CN9710-B-B-136-1	0	++
129	CN9702-B-B-80-1	5	++	169	CN9707-B-B-113-1	3	++	209	CN9710-B-B-136-2	0	++
130	CN9702-B-B-80-2	5	++	170	CN9707-B-B-113-2	0	++	210	CN9710-B-B-137-1	0	++
131	CN9702-B-B-81-1	0	++	171	CN9707-B-B-115-1	5	++	211	CN9710-B-B-137-2	9	±
132	CN9702-B-B-81-2	5	++	172	CN9707-B-B-115-2	0	++	212	CN9710-B-B-138-1	7	±
133	CN9702-B-B-82-1	0	++	173	CN9707-B-B-116-1	3	++	213	CN9710-B-B-138-2	5	±
134	CN9702-B-B-82-2	0	++	174	CN9707-B-B-116-2	5	++	214	CN9777-BG-BSP-7-1-2	5	±
135	CN9702-B-B-83-1	0	++	175	CN9707-B-B-117-1	3	++	215	CN9777-BG-BSP-7-2-3	5	±
136	CN9702-B-B-83-2	1	++	176	CN9707-B-B-117-2	5	++	216	CN9777-BG-BSP-7-3-1	1	±
137	CN9702-B-B-84-1	1	+	177	CN9712-B-B-118-1	0	++	217	CN9755-BG-BSP-4-1-1	5	±
138	CN9702-B-B-84-2	1	+	178	CN9712-B-B-118-2	0	++	218	CN9755-BG-BSP-4-1-3	3	±
139	CN9703-B-B-87-1	3	++	179	CN9712-B-B-119-1	0	++	219	CN9755-BG-BSP-4-2-1	5	++
140	CN9703-B-B-87-2	5	++	180	CN9712-B-B-119-2	0	++	220	CN9754-BG-BSP-2-1-2	3	±
141	Saessal	5	++	181	Saessal	5	++	221	CN9754-BG-BSP-2-1-3	3	±
142	CN9703-B-B-88-1	5	++	182	CN9712-B-B-121-1	0	++	222	CN9754-BG-BSP-2-2-1	3	++
143	CN9703-B-B-88-2	0	++	183	CN9712-B-B-121-2	0	++	223	CN9747-B-42-1-1-1	3	++
144	CN9703-B-B-89-1	5	+	184	CN9712-B-B-122-1	3	++	224	CN9747-B-42-1-2-1	1	++
145	CN9703-B-B-89-2	7	+	185	CN9712-B-B-122-2	5	++	225	CN9747-B-42-1-2-2	0	++
146	CN9704-B-B-98-1	5	++	186	CN9712-B-B-123-1	5	++	226	CN9747-B-42-1-2-3	0	++
147	CN9704-B-B-98-2	5	++	187	CN9712-B-B-123-2	3	++	227	CN9775-B-44-1-1-3	0	++
148	CN9704-B-B-99-1	0	++	188	CN9712-B-B-124-1	3	++	228	CN9775-B-44-1-2-1	0	++
149	CN9704-B-B-99-2	0	++	189	CN9712-B-B-124-2	0	++	229	CN9775-B-44-1-2-3	5	++
150	CN9704-B-B-100-1	0	++	190	CN9712-B-B-125-1	3	++	230	CN9775-B-44-1-3-1	3	++
151	CN9704-B-B-100-2	1	++	191	CN9712-B-B-125-2	1	++	231	CN9775-B-44-1-3-2	3	±
152	CN9704-B-B-101-1	0	++	192	CN9712-B-B-126-1	0	++	232	CN9766-BSP-144-2-3-1	5	±
153	CN9704-B-B-101-2	0	++	193	CN9712-B-B-126-2	0	++	233	CN9766-BSP-144-2-3-2	3	±
154	CN9704-B-B-102-1	0	++	194	CN9712-B-B-127-1	0	++	234	CN9766-BSP-144-2-3-3	5	±
155	CN9704-B-B-102-2	0	++	195	CN9712-B-B-127-2	5	++	235	CN9747-B-6-1-1-1	3	±
156	CN9704-B-B-103-1	3	++	196	CN9712-B-B-128-1	3	++	236	CN9747-B-6-1-1-2	1	++
157	CN9704-B-B-103-2	5	++	197	CN9712-B-B-128-2	3	++	237	CN9747-B-6-1-1-3	3	±
158	CN9706-B-B-104-1	1	++	198	CN9712-B-B-130-1	5	++	238	CN9747-B-6-1-2-2	1	±
159	CN9706-B-B-104-2	3	++	199	CN9712-B-B-130-2	1	++	239	CN9747-B-6-1-2-3	5	±
160	CN9706-B-B-105-1	0	++	200	CN9712-B-B-133-1	5	++	240	CN9744-B-14-1-1-2	3	±

NO	계통명	발병 정도 (0-9)	회복 정도	NO	계통명	발병 정도 (0-9)	회복 정도	NO	계통명	발병 정도 (0-9)	회복 정도
241	CN9744-B-14-1-1-3	0	++	261	HB14405-B-37-3-1	3	++	281	HB14405-B-26-3-2	1	++
242	CN9744-B-14-1-2-2	1	±	262	HB1401-BG-BSP-34-5	3	++	282	CN9744-B-14-1-1-2	3	++
243	CN9744-B-14-1-2-3	1	±	263	HB1402-BG-BSP-38-1	1	++	283	HB14405-B-37-3-2	1	±
244	CN9744-B-14-1-3-1	1	±	264	CNB98014-B-40-1	3	±	284	HB1401-BG-BSP-10-3	3	++
245	CN9718-B-53-1-2-1-1	1	±	265	CNB98014-B-47-1	1	++	285	CN9781-B-7-1-1-3-1	1	++
246	CN9718-B-53-1-2-1-2	0	±	266	CNB9704-B-98-1	3	++	286	HB1401-BG-BSP-30-5	1	++
247	CN9718-B-53-1-2-1-3	5	±	267	CNY2-B-30-2-7	1	±	287	HB1402-BG-BSP-38-4	3	±
248	CN9781-B-7-1-1-2-1	3	±	268	CNY9-B-413-2-3	1	++	288	HB1406-BSP-14-2-1-2	3	±
249	CN9781-B-7-1-1-2-3	3	±	269	CNY9-B-413-3-1	1	±	289	HB14542	3	++
250	CN9781-B-7-1-1-3-1	1	±	270	CNY7-B-301-2-2	3	++	290	HB14576	1	++
251	CN9781-B-7-1-1-3-2	3	±	271	HB14542-B-17-3-1	1	++	291	HB14405	1	++
252	CN9781-B-7-1-1-3-3	3	±	272	HB14576-B-21-3-3	3	++	292	HB14576	1	++
253	CN9781-B-7-1-2-1-3	5	++	273	HB14576-B-31-3-2	1	±	293	CNB98014	3	++
254	HB14542-B-17-3-1	3	++	274	HB14576-B-37-1-5	3	++	294	CNY3	1	++
255	HB14576-B-21-3-1	1	++	275	CN9747-B-6-1-1-1	1	±	295	Hichalssal	0	++
256	HB14576-B-118-1-1	3	++	276	HB14576-B-65-2-3	3	±	296	Dokusimamochi	0	++
257	HB14577-B-33-2-1	1	±	277	HB14576-B-118-1-4	3	++	297	CN9754-BG-BSP-2-1-2	3	±
258	HB14577-B-35-3-1	3	++	278	CN9781-B-7-1-1-3-2	1	++	298	CN9754-BG-BSP-2-2-1	1	++
259	HB14405-B-23-1	3	±	279	HB14577-B-33-1-2	3	++	299	CN9747-B-42-1-1-1	1	++
260	HB14405-B-23-1-2	1	++	280	CN977-BG-BSP-7-3-1	3	++	300	CN9744-B-14-1-1-2	1	++

* 회복정도 ++: 병발생이 되나 생육이 건전구와 비슷. +: 70%이상 회복됨.

± : 50%이상 회복됨. - : 병발생이 극심하여 수확 곤란함.

3. 기능성 유색보리 내한성 검정시험

가. 공시계통의 내한성정도 총괄

Table 13. Overview of Cold-Resistance Levels of Available Barley Lines

구분	공시계통	내 한 성 정 도(0~9)					
		0	1	3	5	7	9
계통	59	0	4	35	17	3	0
생예	40	0	4	20	12	4	0
대비품종	1	-	-	-	1	-	-
계	100	0	8	55	30	7	0
(%)	(100)	(-)	(8)	(55)	(30)	(7)	(-)

나. 주요계통의 내한성 정도

Table 14. Degree of Cold Resistance in Principal Barley Lines

구분	내 한 성 정 도					
	0	1	3	5	7	9
계통 (60)	-	CN98001-B-1-3	CN98001-B-5-3	CN98002-B-2-3	CN98005-B-3-3	-
		CN98003-B-1-3	CN98002-B-6-3	CN98005-B-2-3	CN98020-B-9-3	
		CN98018-B-5-3	CN98012-B-1-3	CN98013-B-5-3		
			CN98020-B-6-3			
		등 4계통	등 35계통	등 18계통	등 3계통	
생예 (40)	-	CN9777-BG-BSP-7-3-1	CN9754-BG-BSP-2-1-3	CN9755-BG-BSP-4-1-1	CN9747-B-6-1-1-3	-
		CN9744-B-14-1-2-1	CN9775-B-44-1-3-1	CN9781-B-7-1-1-2-3		
		등 4계통	등 6계통	등 9계통	등 3계통	
		8	55	30	7	
		(8)	(55)	(30)	(7)	

*() : 비율



Fig. 8. Experiment Stations for Cold-Resistance Test (in Namwon Unbong)



Fig. 9. Difference in Cold Resistance Between Colored Barley Lines(Yeonchon)

보리재배 한계지대는 내한성이 강한 겉보리가 1월 평균기온이 -5°C 이상 (1월 최저 기온 평균 -12°C 이상)인 지역이나 안전재배지역은 1월 평균 기온이 -4°C 이상(1월 최저기온 -10°C 이상)인 지역으로 볼 수 있다. 한편 쌀보리 및 맥주보리의 경우 겉보리에 비해 비교적 내한성이 약하므로 품종육성시 내한성검정은 필수적이라 볼 수 있다.

본시험은 해발 430m인 남원시 운봉면 소재의 시험포 및 경기도 연천 시험지에서 실시되었으며 기능성 유색보리 고세대계통 및 생산력검정시험에 공시된 100계통을 검정하였다. 기능성 유색보리의 내한성 검정결과 CN9777-BG-BSP-7-3-1 등 8계통은 겉보리 수준으로 고사주율도 낮고 내한성이 강하였으며 37계통은 비교적 내한성에 약했다.

4. 기능성 유색보리 곡립특성 검정시험

가. 기능성 유색보리계통 곡립특성(장폭비)

보리의 경우 도정시 곡립의 장폭비율이 낮고 풍만도가 양호할수록 이용효율이 높다. 따라서 기능성 유색보리에 대한 곡립의 길이, 폭, 두께를 조사하여 곡립의 장폭비를 산출하고 아울러 풍만도 및 외관상 착색정도를 조사하였는바 Table 15와 같다.

시험결과 총 100계통 중 곡립의 장폭비가 150~250% 이며 풍만도가 양호한 계통으로 30계통을 선발하였으며 그중 CN9781-B-7-1-1-3-2 등 3계통은 착색정도도 좋고 풍만도 역시 양호하여 곡립의 외관 특성면에서 우수한 계통으로 선발하였다.

Table 15. Grain Characteristics (Length-to-Width Ratio) of Functional Colored-Barley Lines

곡립 장폭비 (%)					
	150~200	201~250	251~300	301~350	350 이상
계통(60)	7	10	33	9	1
생예(40)	-	13	18	9	-
계	7	23	51	18	1
비율(%)	(7)	(23)	(51)	(18)	(1)

5. 기능성 유색보리 계통 생산력 검정시험

1) 생산력 검정 예비시험 ('02/'03 : 1년차)

Table 16. The 1st Year Preliminary Yield Trial on Colored Barley Lines

○ 재공시, ◎생분공시

No	계통 (품 종) 명	한해 (0-9)	호위축 병 (0-9)	출수기 (월.일)	성숙기 (월.일)	간장 (cm)	수장 (cm)	1수 립수 (립)	천립중 (g)	㎡당 수수 (개)	수 량 (kg/10a)		ℓ 중 비 고	
											정곡중	저수		
대 비	새쌀보리	5	5	5.01	6.8	64	6.3	74	29.0	488	360	100	780	
3	CN9777-BG-BSP-7-3-1	1	1	4.28	6.5	57	5.7	55	24.7	542	381	106	741	◎
4	CN9755-BG-BSP-4-1-1	5	7	4.27	6.4	55	4.1	50	26.3	575	327	91	698	
5	CN9755-BG-BSP-4-1-3	3	3	4.29	6.7	56	4.3	53	26.6	471	350	97	728	
6	CN9755-BG-BSP-4-2-1	5	7	4.26	6.5	56	4.8	43	24.6	609	309	86	740	
7	CN9754-BG-BSP-2-1-2	3	3	4.24	6.4	61	4.3	51	27.6	534	367	102	724	○
8	CN9754-BG-BSP-2-1-3	3	5	4.25	6.5	61	5.0	55	27.7	484	361	100	735	
9	CN9754-BG-BSP-2-2-1	3	3	4.27	6.3	62	4.6	54	30.5	492	389	108	757	○
10	CN9747-B-42-1-1-1	3	1	4.27	6.4	63	5.2	51	30.3	492	389	108	757	○
16	CN9775-B-44-1-2-3	5	3	4.28	6.5	56	4.9	54	27.3	584	365	101	748	
17	CN9775-B-44-1-3-1	3	1	4.30	6.6	68	7.7	58	28.4	480	321	89	753	
21	CN9766-BSP-144-2-3-3	5	5	4.28	6.6	61	5.1	58	26.5	533	405	113	756	○
22	CN9747-B-6-1-1-1	3	1	4.30	6.3	54	6.1	53	27.5	550	384	107	720	◎
25	CN9747-B-6-1-2-2	3	1	4.28	6.6	63	4.9	60	29.7	446	367	102	738	
26	CN9747-B-6-1-2-3	5	3	4.25	6.4	60	4.3	52	25.3	625	312	87	740	
27	CN9744-B-14-1-1-2	3	1	4.29	6.2	68	4.8	57	25.7	671	403	112	741	◎
34	CN9718-B-53-1-2-1-3	5	3	5.01	6.6	56	5.2	63	24.4	554	330	92	728	
35	CN9781-B-7-1-1-2-1	3	3	4.30	6.4	71	5.6	56	29.9	475	400	111	774	
36	CN9781-B-7-1-1-2-3	3	3	4.30	6.5	73	3.9	42	27.5	663	389	108	710	○
37	CN9781-B-7-1-1-3-1	1	3	5.01	6.6	75	5.1	58	33.1	496	409	114	739	◎
38	CN9781-B-7-1-1-3-2	3	3	4.30	6.4	65	4.5	54	26.9	471	402	112	724	◎
39	CN9781-B-7-1-1-3-3	3	3	5.01	6.6	71	5.1	50	28.6	488	305	85	738	
40	CN9781-B-7-1-2-1-3	5	5	5.01	6.7	68	7.4	65	29.7	392	380	106	753	○
	L.S.D(5%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75.4	
	C V (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.6	

* 한해 및 호위축병은 검정포장 성적임.

2) 생산력 검정 예비시험 ('03/'04) : 2년차)

Table 17. The 2nd Year Preliminary Yield Trial on Colored Barley Lines

○ 전작

○ 재공시, ◎생분공시

시험 번호	계통(품종)명	호위 축병 (09)	도복 (09)	출수기 (월일)	성숙기 (월일)	간장 (cm)	수장 (cm)	1수 립수 (개)	㎡당 수수 (개)	1ℓ중 (g)	천립중 (g)	수량		비 고
												정곡중 (kg)	자수	
1	도쿠시마모찌하다가	3	0	4.25	6.3	75	3.9	57	472	672	27.4	286	100	
2	흰찰쌀보리	3	0	4.25	6.2	52	4.6	61	478	674	23.2	280	98	
3	새쌀보리	5	0	4.24	6.4	63	5.0	64	583	713	27.9	323	113	
4	HB14542-B-17-3-1	3	0	4.30	6.7	62	6.0	73	477	683	29.0	259	91	
5	HB14576-B-21-3-1	1	3	4.28	6.6	80	6.0	70	519	705	26.8	300	105	○
11	HB14576-B-118-1-1	3	0	4.20	5.31	74	4.9	70	503	704	26.7	281	98	
15	HB14577-B-33-2-1	1	0	4.22	6.7	83	5.8	74	452	692	25.3	266	93	
16	HB14577-B-35-3-1	3	3	4.27	6.8	87	5.0	71	483	672	27.3	288	101	
17	HB14405-B-23-1	3	0	5.2	6.4	81	4.9	65	501	711	29.3	270	94	
18	HB14405-B-23-1-2	1	0	4.29	6.4	84	5.0	72	472	693	28.5	254	89	
24	HB14405-B-37-3-1	3	0	4.26	5.29	64	4.4	63	509	720	28.2	310	108	◎
35	HB14901-BG-BSP-34-5	3	0	4.28	5.31	87	6.6	69	565	698	33.4	316	110	◎
36	HB14902-BG-BSP-38-1	1	0	4.27	6.2	74	4.8	66	614	713	29.2	316	110	◎
39	CNB98014-B-40-1	3	0	4.25	6.1	71	7.8	65	539	694	25.9	310	108	◎
40	CNB98014-B-47-1	1	0	4.26	6.2	76	5.0	63	550	709	29.0	331	116	○
41	CNB9704-B-98-1	3	0	4.24	5.29	75	4.3	52	541	708	27.8	290	101	○
42	CNY2-B-30-2-7	1	0	4.18	5.29	79	4.1	56	583	684	29.0	309	108	○
43	CNY9-B-413-2-3	1	0	4.25	5.28	85	4.4	58	635	694	29.8	342	120	◎
44	CNY9-B-413-3-1	1	0	4.23	5.27	73	4.0	53	517	646	28.4	332	116	◎
45	CNY7-B-301-2-2	3	0	4.25	6.6	72	4.2	58	551	676	27.1	326	114	◎

L.S.D(5%)----- 88.7

C · V(%)----- 18.0

3) 생산력 검정 예비시험 ('04/'05 : 3년차)

Table 18. The 3rd Year Preliminary Yield Trial on Colored Barley Lines

○ 전작

○ 재공시, ◎생본공시

시험 번호	계통(품종)명	호위 축병 (0~9)	도복 (0~9)	출수기 (월.일)	성숙기 (월.일)	간장 (cm)	수정 (cm)	1수 립수 (개)	m ² 당 수수 (개)	1ℓ중 (g)	천립 중 (g)	수량		비 고
												정곡 중 (kg)	지수	
1	흰찰쌀보리	5	3	4.28	6.01	61	4.1	59	517	816	29.1	394	100	
2	도구시마모찌	1	3	5.02	6.03	82	4.7	67	550	778	32.3	386	98	
3	새쌀보리	5	5	4.27	6.02	69	4.2	55	600	798	32.1	382	97	
4	HB14542	3	3	5.01	6.01	58	5.8	58	496	746	31.4	358	91	○
7	HB14576	1	0	4.30	6.01	77	4.7	69	421	785	33.6	389	99	◎내도복, 대립
14	HB14405	1	0	5.01	6.01	66	6.1	69	500	763	32.7	426	108	◎장수,다수
16	HB14576	1	0	4.29	5.31	58	5.7	60	538	778	29.3	345	88	○
18	CNB98014	3	1	4.30	5.31	73	4.5	65	646	773	31.6	351	89	○
23	CNY3	1	0	4.27	6.01	76	3.9	51	575	760	34.2	329	84	

L.S.D-----ns
C.V.(%)-----18.8

4) 생산력검정 본 시험 ('03/'04 : 2년차)

Table 19. 2nd Advanced Yield Trial on Colored Barley Lines

○ 답리작

○ 재공시

시험 번호	계통(품종)명	호위 축병 (0/9)	도복 (0/9)	출수기 (월일)	성숙기 (월일)	간장 (cm)	수장 (cm)	1수 립수 (개)	㎡당 수수 (개)	1ℓ중 (g)	천립 중 (g)	수량		비 고
												정곡중 (kg)	지수	
1	도꾸시마모찌하다가	3	0	4.25	6.6	95	4.5	61	532	738	27.7	305	100	
2	흰찰쌀보리	3	0	4.25	6.7	65	4.2	58	621	753	26.2	356	116	
3	HB14542-B-17-3-1	1	0	4.24	6.8	77	5.8	73	419	718	29.3	269	88	
4	HB14576-B-21-3-3	3	3	4.30	6.6	95	4.9	68	503	755	27.2	308	101	
5	HB14576-B-31-3-2	1	3	4.28	6.8	86	5.0	69	519	732	27.9	294	96	○
6	HB14576-B-37-1-5	3	0	4.20	6.7	95	5.2	67	482	744	27.1	282	92	
7	CN9747-B-6-1-1-1	1	0	4.22	6.6	90	4.9	66	511	753	26.7	341	112	익산80호
8	HB14576-B-65-2-3	3	0	4.27	6.9	72	4.9	67	587	734	25.0	298	98	
9	HB14576-B-118-1-4	3	0	5.2	6.6	86	4.6	65	592	741	27.4	340	111	○
10	CN9781-B-7-1-1-3-2	1	0	4.29	6.4	87	4.9	65	672	763	28.2	348	114	익산81호
11	HB14577-B-33-1-2	3	0	4.26	6.9	85	9.1	80	483	709	27.8	300	98	
12	CN9777-BG-BSP-7-3-1	3	0	4.28	6.7	83	8.5	75	492	721	29.9	317	104	
13	HB14405-B-26-3-2	1	3	4.27	6.6	96	4.6	67	504	722	27.8	301	99	○
14	CN9744-B-14-1-1-2	3	0	4.25	6.3	95	5.1	66	507	741	30.0	338	111	○
15	HB14405-B-37-3-2	1	0	4.26	6.3	95	4.8	68	481	750	29.6	318	104	○
16	HB14901-BG-BSP-10-3	3	0	4.24	6.5	79	5.2	66	503	729	27.2	285	93	
17	CN9781-B-7-1-1-3-1	1	0	4.18	6.9	93	6.8	71	476	733	28.2	332	109	○
18	HB14901-BG-BSP-30-5	1	0	4.25	6.10	79	5.3	68	605	699	25.5	323	106	○
19	HB14902-BG-BSP-38-4	3	0	4.20	6.1	96	6.1	63	479	707	32.0	306	100	○
20	HB14666-BSP-14-2-1-1-2	3	0	4.25	6.2	106	6.5	66	465	741	34.4	289	95	

L.S.D(5%) - - - - - 69.1

C · V(%) - - - - - 13.0

5) 생산력 검정 본 시험 ('04/'05 : 3년차)

Table 20. The 3rd Year Advanced Yield Trial on Colored Barley Lines

○ 답리작

○ 재공시

시험 번호	계통(품종)명	호위 축병 (0~9)	도복 (0~9)	출수기 (월.일)	성숙 기 (월.일)	간장 (cm)	수장 (cm)	1수 립수 (개)	㎡당 수수 (개)	1ℓ 중 (g)	천립중 (g)	수량		비 고
												정곡 중 (kg)	지수	
1	흰찰쌀보리	5	3	4.26	6.01	62	4.0	61	371	779	27.2	433	100	
2	도꾸시마모찌	1	3	5.03	6.02	83	5.4	66	509	766	28.3	404	93	
3	새쌀보리	5	5	5.03	6.02	53	5.8	74	358	770	27.6	336	78	
5	HBL401-BG-BSP-34-5	3	3	5.02	6.02	77	6.5	70	702	617	32.7	446	103	
14	CN9754-BG-BSP-2-1-2	3	1	5.03	6.01	68	6.0	70	459	751	27.5	428	99	○
15	CNY9-B-413-2-3	1	3	4.30	5.31	86	4.6	57	687	703	28.9	455	105	○
16	CN9747-B-42-1-1-1	1	3	5.03	6.01	81	5.4	77	439	789	31.4	399	92	○
18	CN9747-B-42-1-1-1	1	3	4.25	5.31	92	4.5	62	414	737	29.6	362	84	
19	CNY9-B-413-3-1	1	3	4.27	5.30	74	4.4	54	655	683	27.7	464	107	○
21	CNY7-B-301-2-2	3	3	4.29	6.01	71	4.5	60	696	712	27.5	442	102	
23	CN9744-B-14-1-1-2	1	1	4.27	5.30	72	5.9	72	537	787	27.5	480	111	익산87호 (조숙, 다수)

L.S.D-----72.08

C.V.(%)-----11.4



Iksan No.80

Iksan No.87

Iksan No.81

Fig.10. Selection of Promising Functional Colored Barley Lines

가. 기능성 유색보리 생산력검정시험

육성중인 기능성 유색보리 고세대 계통에서 선발된 계통 40계통에 대해 1년차 생산력검정 예비시험을 표준재배법에 의해 실시하였다. 시험결과 Table 16에서 보는 바와같이 CN9747-B-6-1-1-1 생산력검정 본시험용으로 선발하였으며 CN9754-BG-BSP-2-2-1 등 6계통은 재공시용으로 선발하였다.

생산력검정 예비시험 2년차, 3년차 성적은 Table 17, 18에서와 같다. 시험결과 HB14901-BG-BSP-34-5 등 9계통이 보리호위축병에도 강하면서 수량성도 양호하여 차년도 생산력검정 본시험용으로 선발하였으며 HB14576-B-21-3-1 등 7계통은 재공시하여 검토할 예정이다.

생산력검정 예비시험에서 선발된 계통에 대한 생산력검정 본시험을 답리작에서 표준재배법에 따라 난괴법 3반복으로 수행하였다. 2년차 시험결과 Table 19 에서 보는 바와같이 도복에도 강하며 내병 내재해 다수성으로 유망시되는 CN9747-B-6-1-1-1 계통을 “익산 80호”, CN9781-B-7-1-1-3-2 계통을 “익산 81호”의 계통명을 부여하여 중간모본으로 선발하였다. 3년차 시험결과 Table 20에서와 같이 내재해 다수성 기능성 유색보리로 유망시되는 CN9744-B-14-1-1-2 계통을 “익산 87호”의 계통명을 부여하여 중간모본을 선발하였다.

익산81호는 흰찰쌀보리에 비해 1수립수가 많고 m²당 수수도 많으며 천립중 또한 2.0g 정도 무거워 14% 증수(348kg/10a)한 다수성 계통이다.

유망계통으로 선발된 익산87호는 Fig10에서 보는 바와같이 일반 유색보

리계통에 비해 숙기가 1주일 정도 빠른 조숙종으로 흰찰쌀보리에 비해 수장도 길며 보리호위축병 및 도복에도 강한 내재해성 유망계통이다.

간장은 72Cm로 기계화 수확에 적합하며 1수립수 및 m²당 수수가 많고 천립중이 무거워 정곡중이 10a당 480kg으로 흰찰쌀보리 대비 11% 증수한 조숙 내재해 다수성 유색보리 계통으로 기능성 성분 또한 우수하다.

<제2 세부 과제 : 보리 항산화 성분의 기능 평가 및 기능성 신제품 개발>

1. 유색보리 품종의 그룹화

유색보리의 색상으로 Group I, Group II, Group III으로 분류하였다. 그 중 Group I 유색보리 34, 36을, Group II 중 유색보리 25, 32를, Group III 중 유색보리 39, 40을 대표 품종으로 선택하였고, 대조군으로 춘추쌀보리와 겉보리를 사용하였다(Fig.11).

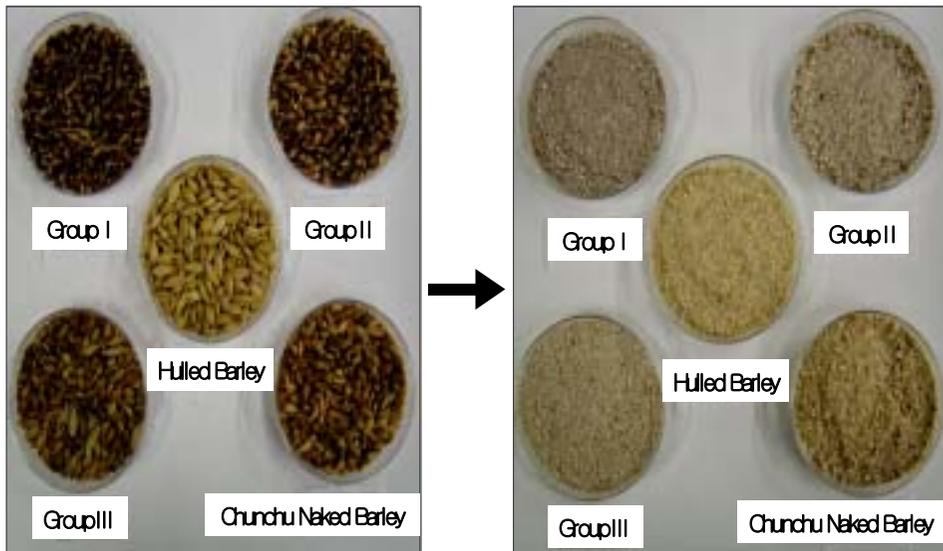


Fig.11. Ear and Powder of Colored Barley, Chunchu Naked Barley and Hulled Barley

2. 유색보리 및 일반보리의 일반 성분 분석

가. 수분함량

유색보리, 춘추쌀보리와 겉보리의 일반 성분 분석 결과는 Table 21에 나타내었다. 수분 함량은 Group I 이 9.56%로 가장 높았고 조단백질 함량과 조지방 함량은 Group III이 12.72%와 2.98%로 가장 높았다. 또한 조회분 함량은 춘추쌀보리가 2.35%로 가장 높은 값을 나타내었다. 식품영양가표에 의하면⁽⁷⁹⁾ 쌀보리는 수분 9.9%, 단백질 11.2%, 지방 2%, 회분 0.9%를 함유하

고 있고, 겉보리는 수분 11.8%, 단백질 11.2%, 지방 2%, 회분 0.9%를 함유하고 있다고 알려져 있는데, 본 연구결과 수분을 제외한 모든 성분이 조금 높게 나타났다.

따라서 춘추쌀보리나 겉보리에 비해 유색보리가 조회분 함량을 제외한 일반 성분 함량이 많은 것을 알 수 있었다.

유색미와 백미의 비교연구에 의하면 조회분과 조지방의 경우 백미의 2배 이상을 함유한 것으로 나타났다고 보고 되었으며, 이는 백미가 도정 중 60-80% 정도의 표피층을 소실하기 때문이라고 하였다⁽⁸⁰⁻⁸⁵⁾. 그러나 본 실험에 사용된 유색보리는 전곡상태의 것으로, 겉보리에 비해 표피층이 소실되었기 때문에 조회분과 조지방이 낮은 것으로 유추되며, 겉보리를 도정하여 시료로 사용했을 때, 유색미의 경우와 같이 유색보리의 조회분과 조지방이 일반보리의 2배의 함량을 나타낼 것으로 예상된다.

나.. 무기질 함량 분석

유색보리, 춘추쌀보리와 겉보리의 정량한 무기질의 함량은 Table 22과 같았다. Ca 함량은 춘추쌀보리가 622.06mg%로 가장 높았으며, 겉보리가 442.82mg%로 가장 낮아 유색보리가 겉보리에 비해서는 더 높고, 춘추쌀보리보다는 낮음을 알 수 있었다. Mg 함량은 Group I 이 1117.92mg%로 가장 높은 값을 나타내었고, 춘추쌀보리가 998.04mg%로 가장 낮은 값을 보여 유색보리가 춘추쌀보리와 겉보리보다 Mg 함량이 높았다. Cu 함량은 GroupⅢ이 4.21mg%로 가장 낮은 값을 나타내었고, 겉보리가 5.71mg%로 가장 높은 값을 나타내어 유색보리가 춘추쌀보리와 겉보리에 비해 낮은 함량을 보였다. K 함량은 춘추쌀보리가 807.25mg%로 가장 낮은 함량을 나타내었고, 겉보리가 932.97mg%로 가장 높은 함량을 보여 유색보리는 춘추쌀보리보다는 높은 함량을 보이며, 겉보리보다는 낮은 함량을 보였다. Mn 함량은 33.08mg%로 춘추쌀보리가 가장 낮은 값을, 94.56mg%로 겉보리가 가장 높은 값을 나타내어 유색보리의 Mn 함량은 춘추쌀보리보다는 높고, 겉보리보다는 낮았다.

Table 21 . Proximate Compositions of Colored Barley, Chunchu Naked Barely and Hulled Barley

(%)

	Moisture	Crude Protein	Crude Lipid	Crude Ash
Group I	9.56 ^c	11.93 ^c	2.86 ^b	1.80 ^c
Group II	9.27 ^d	9.74 ^e	2.81 ^c	1.88 ^b
Group III	9.39 ^b	12.72 ^a	2.98 ^a	1.78 ^d
Chunchu Naked Barley	8.80 ^a	12.40 ^b	2.00 ^e	2.35 ^a
Hulled Barley	9.20 ^e	11.60 ^d	2.35 ^d	1.45 ^e

Table 22. Mineral Compositions of Colored Barley, Chunchu Naked Barely and Hulled Barley

(mg%)

	Mineral				
	Ca	Mg	Cu	K	Mn
Group I	604.44 ^b	1117.92 ^a	4.88 ^c	876.97 ^b	41.16 ^b
Group II	555.01 ^d	1086.39 ^b	4.41 ^d	863.35 ^d	39.88 ^c
Group III	578.03 ^c	1076.08 ^c	4.21 ^e	876.10 ^c	38.99 ^d
Chunchu Naked Barley	622.06 ^a	998.04 ^e	5.38 ^b	807.25 ^e	33.08 ^e
Hulled Barley	442.82 ^e	1034.65 ^d	5.71 ^a	932.97 ^a	94.56 ^a

다. 총 식이섬유 및 β -glucan 함량

유색보리, 춘추쌀보리와 겉보리의 총 식이섬유 함량은 Table 23에 나타내었다. 차 등⁽⁸⁶⁾에 의하면 보리에는 12-16%의 총 식이섬유를 함유한다고 보고하였으며, 본 연구에서는 18.24-38.73%의 범위로 나타나 총 식이섬유 함량이 더 높게 측정되었고, 함량이 가장 높은 것은 춘추쌀보리이며, 가장 낮은 것은 겉보리였다. 따라서 유색보리는 춘추쌀보리보다는 유의적으로 낮고 겉보리보다는 유의적으로 높음을 알 수 있었다.

보리, 귀리 등의 세포벽에는 β (1-3)과 β (1-4) glucosidic 결합이 3 : 7의 비율로 이루어진 mixed linked β -D-glucan이 많이 함유되어 있는데 보리의 경우 그 함량이 3.0-6.9%라고 알려져 있다⁽⁸⁷⁾. 이와 비교해 볼 때 본 실험에서는 그 함량이 겉보리가 6.26%로 가장 낮았고, GroupIII이 11.18%로 가장 높았다. 따라서 유색보리가 춘추쌀보리나 겉보리에 비해 β -glucan이 2배 정도 많음을 알 수 있었다.

Table 23 . Total Dietary Fiber and β -glucan Contents of Colored Barley, Chunchu Naked Barely and Hulled Barley

	TDF	β -glucan
Group I	21.28 ^c	10.18 ^c
Group II	20.25 ^d	10.58 ^b
Group III	23.38 ^b	11.18 ^a
Chunchu Naked Barley	38.73 ^a	6.34 ^d
Hulled Barley	18.24 ^e	6.26 ^e

다. 아밀로오스와 아밀로펙틴 함량

전분의 이화학적 특성을 결정지어주는 가장 큰 요인은 전분 입자내의 아밀로오스와 아밀로펙틴의 구성 비율이다. 보리 품종에 대하여 아밀로오스 함량을 조사한 결과를 보면 쌀보리 18.1-23.2%, 찰보리 6.6-9.5% 정도로 알려져 있는데⁽⁸⁰⁾, 본 연구에 공시된 유색보리의 아밀로오스 함량은 Group I

이 5.94%, GroupⅡ이 17.42%, GroupⅢ이 21.94%, 춘추쌀보리가 23.44%, 겉보리는 23.45%로서 품종 간의 차이를 보였다(Table 24). 따라서 Group I 은 찰보리로, GroupⅡ와 GroupⅢ는 쌀보리로 사료된다.

일반적으로 아밀로오스 함량이 7-20%이면 저 아밀로오스, 20-25%이면 중간 아밀로오스, 25% 이상이면 고 아밀로오스로 분류되고, 저 아밀로오스 전분 입자는 약하고 부서지기 쉬워서 조리시 쉽게 팽윤·분해되는 반면 고 아밀로오스 전분 입자는 강하고 견고해서 팽윤과 분해에 저항성을 갖고 있다고 하였다⁽⁸⁸⁾. 따라서 저 아밀로오스인 Group I 이 GroupⅡ, GroupⅢ, 대조군인 춘추쌀보리와 겉보리에 비해 팽윤과 분해가 쉽게 될 것으로 예상된다.

Table 24. Amylose and Amylopectin Contents of Colored Barley, Chunchu Naked Barley and Hulled Barley

(%)

	Amylose	Amylopectin
Group I	5.94 ^d	94.06 ^a
GroupⅡ	17.42 ^c	81.58 ^b
GroupⅢ	21.94 ^b	78.06 ^c
Chunchu Naked Barley	23.44 ^a	76.56 ^d
Hulled Barley	23.45 ^a	76.55 ^d

마. 입도 분석

유색보리, 춘추쌀보리와 겉보리의 입자크기는 4구간으로 Table 25와 같이 분류하였다. 보리 가루의 입도분포는 가루의 paste 특성과 gel consistency 등의 이화학적 특성을 변화시킴으로써 최종제품의 품질에 직접적인 영향을 미치는 것으로 정확한 입도 크기를 파악하는 것이 중요하다⁽⁸⁹⁾. 분포비율은 10.0 μm 미만의 범위에서 속하는 비율은 Group I 이 19.44%, GroupⅡ이 16.14%, GroupⅢ이 17.42%, 춘추쌀보리가 17.16%, 겉보리가 17.76%이었다. 10.0-30.0 μm 의 범위에서는 Group I 이 41.09%, GroupⅡ이 35.82%, GroupⅢ이 50.51%,

춘추쌀보리가 38.95%, 겉보리가 40.98%로 보리의 입자가 이 범위 내에서 가장 많이 분포함을 알 수 있었다. 30.0-100.0 μm 의 범위에서는 Group I 이 28.71%, Group II 이 29.35%, Group III 이 23.83%, 춘추쌀보리가 29.15%, 겉보리가 25.06%이었고, 100.0 μm 이상인 범위에서는 Group I 이 10.76%, Group II 이 18.69%, Group III 이 8.24%, 춘추쌀보리가 14.74%, 겉보리가 16.20%의 분포를 보였다.

한편, Table 26은 유색보리 입자의 최소크기(minimum), 중간크기(median), 최대크기(maximum), 평균크기(mean)와 표면적(surface area)을 나타내었다. Group I 의 입자 최소크기는 5.47 μm , 중간크기는 20.62 μm , 최대크기는 130.03 μm 이었고, Group II 의 입자 최소크기는 6.28 μm , 중간크기는 27.72 μm , 최대크기는 143.99 μm 이었으며 Group III 의 입자 최소크기는 5.44 μm , 중간크기는 18.53 μm , 최대크기는 115.28 μm 이었다. 춘추쌀보리는 입자 최소크기가 6.31 μm 이고, 중간크기는 23.33 μm , 최대크기는 137.93 μm 이었다. 또한 겉보리는 입자 최소크기가 5.46 μm 이고, 중간크기는 21.94 μm , 최대크기는 149.88 μm 로 가장 컸다.

유색보리의 평균 입자크기는 Group I 이 14.55 μm , Group II 이 18.00 μm , Group III 이 12.81 μm , 춘추쌀보리가 16.38 μm , 겉보리가 16.41 μm 으로 나타났다. 표면적은 Group I 이 6190 cm^2/g , Group II 이 5230 cm^2/g , Group III 이 6940 cm^2/g , 춘추쌀보리가 5290 cm^2/g , 겉보리가 5790 cm^2/g 으로 Group III 이 가장 컸다.

보리 입자의 대부분은 38-44 μm 범위에 있어 보리 가루는 밀가루보다 작은 입자들이 상대적으로 많이 함유되어 있고, bran flour(Brewer's grain)의 입자 분포 범위는 125-400 μm (평균 입자크기는 250 μm), 고단백질 보리 가루의 평균 입자크기는 50 μm 이었다는 보고⁽⁹⁰⁾와 비교해보면 유색보리 입자 크기가 상대적으로 미세함을 관찰할 수 있었다.

Table 25 . Percent Particle Size Distribution of Colored Barley,
 Chunchu Naked Barley and Hulled Barley

(%)

	Range of particle size (μm)			
	<10.0	10.0~<30.0	30.0~<100.0	100>
Group I	19.44	41.09	28.71	10.76
Group II	16.14	35.82	29.35	18.69
Group III	17.42	50.51	23.83	8.24
Chunchu Naked Barley	17.16	38.95	29.15	14.74
Hulled Barley	17.76	40.98	25.06	16.20

Table 26 . Particle Size Distribution and Surface Area of Colored Barley,
 Chunchu Naked Barley and Hulled Barley

	Particle size (μm)				Surface area (cm^2/g)
	Min.	Med.	Max.	Mean	
Group I	5.47	20.62	130.03	14.55	6190 ^b
Group II	6.28	27.72	143.99	18.00	5230 ^e
Group III	5.44	18.53	115.28	12.81	6940 ^a
Chunchu Naked Barley	6.31	23.33	137.93	16.38	5290 ^d
Hulled Barley	5.46	21.94	149.88	16.41	5790 ^c

바. 수분결합능력

수분결합능력은 Table 27와 같이 Group I 60.12%, Group II 40.17%, Group III 35.74%, 춘추쌀보리 41.52%, 겉보리 39.32%로 Group I의 유색보리가 높게 나타났다. 수분결합능력은 전분입자의 수분흡수의 정도를 나타내는 것으로 전분입자 내에 분자들의 관여정도를 보여준 것이며, 같은 종류의 전분은 비슷한 수분결합능력을 가진다고 하였다^(47,50). 일반적으로 아밀로펙틴은 아밀로오스보다 수분흡수력이 커서 메전분에 비해 찰전분의 수분결합능력이 크나 아밀로오스를 거의 함유하지 않는 찰전분의 차이는 아밀로펙틴의 구성상의 특징이라고 하였다⁽³²⁾. Beleia 등⁽⁹¹⁾은 수분결합능력이 전분입자의 결정질 부분과 비결정질 부분의 비율에 따라 결정되며, 전분입자의 비결정부분이 많이 포함되면 더 많은 수분을 흡수할 수 있기 때문에 수분흡수율이 크다고 하였다.

따라서 본 연구의 결과 수분결합능력은 Group I이 다른 보리들에 비해 높게 나타난 것으로 보아 내부 치밀도가 낮고 비결정부분이 많은 것을 알 수 있었다.

Table 27. Comparison of Water Binding Capacity(25°C) of Colored Barley, Chunchu Naked Barley and Hulled Barley

(%)

	Water Binding Capacity
Group I	60.12 ^a
Group II	40.17 ^c
Group III	35.74 ^e
Chunchu Naked Barley	41.52 ^b
Hulled Barley	39.32 ^d

사. 수분흡수속도

유색보리, 춘추쌀보리와 겉보리의 수분흡수속도는 20-50°C에서 60분 동안 침지하면서 일정시간별로 꺼내어 무게차를 조사하였다. Fig. 12과 같이 모

든 침지온도에서 시간이 증가할수록 증가하는 경향을 보였으며, 온도가 상승할수록 수분흡수량은 더 크게 나타났다. 또한 Becker⁽⁴⁸⁾의 수분흡수방정식에 준하여 Fig. 13의 직선기울기로부터 구한 초기 수분흡수단계에서의 수분흡수 속도상수(K_0)를 계산한 결과는 Table 28 와 같다. 모든 온도에서 유색보리, 춘추와 일반보리의 수분흡수속도상수의 비교 결과 Group I 이 가장 높아 수분흡수율이 높음을 알 수 있었다.

Table 28. Calculated Values of the Water Uptake Rate Constants of Colored Barley, Chunchu Naked Barley and Hulled Barley

	Soaking temperature(°C)			
	K_0 (min ^{-1/2})			
	20	30	40	50
Group I	0.1190	0.1404	0.1422	0.1447
Group II	0.0749	0.0839	0.1223	0.1346
Group III	0.0640	0.0720	0.0751	0.0843
Chunchu Naked Barley	0.1299	0.1364	0.1380	0.1409
Hulled Barley	0.0970	0.1020	0.1111	0.1221

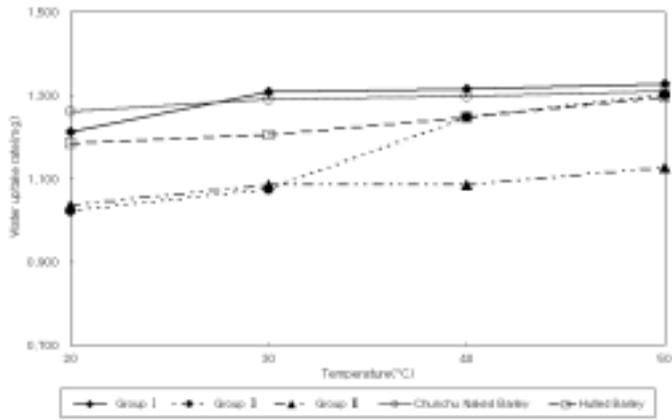


Fig. 12. The Water Uptake Rate Constants of Colored Barley, Chunchu Naked Barley and Hulled Barley

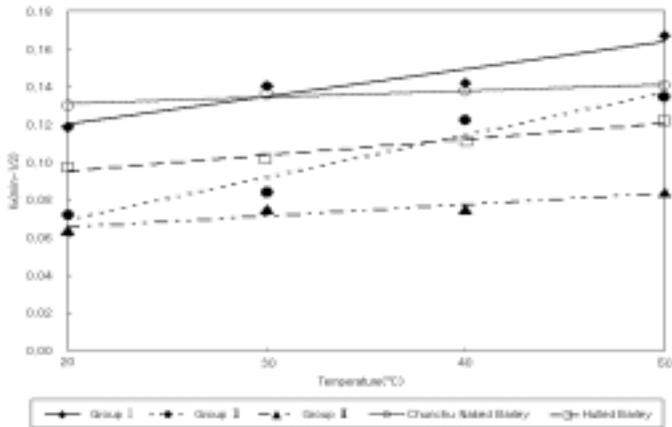


Fig. 13. Relationships between the Water Uptake Rate and the Soaking Temperature for Colored Barley, Chunchu Naked Barley and Hulled Barley

Group I : $y=0.0015x+0.0911$ Group II : $y=0.0023x+0.0240$ Group III : $y=0.0006x+0.0531$
 Chunchu Naked Barley : $y=0.0003x+0.1242$ Hulled Barley : $y=0.0008x+0.0786$

아. 팽윤력과 용해도

유색보리, 춘추쌀보리와 겉보리의 팽윤력과 용해도는 Table 29, 30과 같다. 55-60℃에서는 완만한 증가를 보이다가 65-70℃에서 급격히 증가하였고, 유색보리, 춘추쌀보리와 겉보리 모두 비슷한 경향을 나타냈으나 다른 보리에 비해 Group I 이 더 높음을 알 수 있었다.

팽윤력과 용해도는 전분의 종류와 형태에 따라 다른 결과를 보이는데 전분을 가열하면 전분입자는 팽윤되고 전분 구성물질 중 일부가 물에 녹게 되는데 팽윤과 용해 정도는 전분의 종류와 형태에 따라 다르며 수분 흡수 능력의 지표가 된다고 하였다⁽⁴⁹⁾. 또한 가열온도가 상승함에 따라 전분 입자 내의 분자간 결합력은 약해져 팽윤력이 증가하고, 전분입자의 결합도가 강한 것은 팽윤에 대한 강한 저항을 갖게 되므로 온도의 상승에 따른 팽윤력을 비교함으로써 전분의 상대적인 결합력을 알 수 있다고 하였다⁽⁵⁰⁾. 따라서 온도가 상승함에 따라 유색보리가 높은 팽윤력과 용해도 값을 갖는 것은 겉보리보다 결합강도가 강하게 결합된 것으로 보이며, 결정성과의 상관관계에서 유색보리의 비결정질 부분이 온도상승으로 상대적으로 많아지기 때문일 것으로 생각되어진다. 또한 Wong 등⁽⁹²⁾의 입자 크기가 작을수록 팽윤력이 크고 비슷한 크기에서는 입자내의 결정성이 클수록 팽윤력이 낮다는 연구와 같이 입자 크기가 작고 비결정성 부분이 많으며 결정성이 작은 Group I 이 팽윤력과 용해도가 높게 나왔다. 팽윤력과 용해도의 상관관계는 Fig. 14과 같이 직선회귀방정식으로 나타내었으며 유색보리, 춘추쌀보리와 겉보리 모두 높은 정의 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

Table 29. Comparison of Swelling Power of Colored Barley,
 Chunchu Naked Barley and Hulled Barley

	Swelling power				
	55°C	60°C	65°C	70°C	80°C
Group I	2.33	3.04	6.59	11.44	12.91
Group II	1.94	2.93	6.25	9.72	10.50
Group III	1.66	2.35	6.11	9.16	10.46
Chunchu Naked Barley	1.58	2.32	6.95	9.88	10.88
Hulled Barley	1.77	2.00	5.91	7.24	8.59

Table 30. Comparison of Solubility of Colored Barley, Chunchu
 Naked Barley and Hulled Barley

	Solubility(%)				
	55°C	60°C	65°C	70°C	80°C
Group I	0.16	0.17	0.18	0.22	0.24
Group II	0.14	0.16	0.18	0.22	0.23
Group III	0.13	0.15	0.16	0.22	0.23
Chunchu Naked Barley	0.12	0.13	0.14	0.20	0.22
Hulled Barley	0.12	0.14	0.16	0.20	0.21

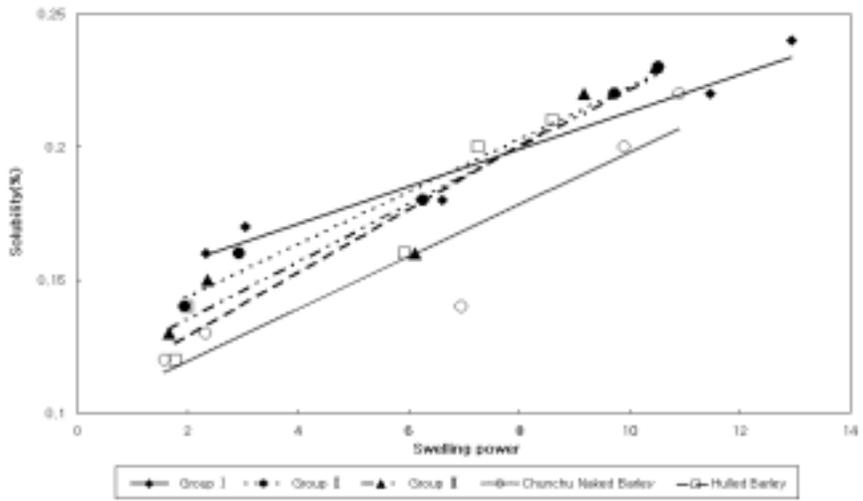


Fig. 14. Relationships between Swelling Power and Solubility of Colored Barley, Chunchu Naked Barley and Hulled Barley

자. X-ray 회절도 및 주사현미경 관찰

X-ray 회절도는 피크의 위치와 높이에 따라서 결정형이나 결정형의 강도를 나타내므로 결정성을 측정하는 방법으로서 전분의 연구에 널리 이용되고 있다. X-ray 회절도로 구분된 결정형구조로 전분의 형태를 분류하며, 곡류전분은 A형, 괴(tuber), 과일(fruit), 줄기(stem)전분은 B형, 고구마 전분은 A와 B형의 혼합형인 C형을 보인다(Fig.15). 이들 패턴은 결정격자 내에 채워진 전분분자 양식에 의하여, A형-아밀로오스와 B형-아밀로오스는 left-handed, parallel-stranded 이중 나선구조를 가지고 있으나 나선형의 결정격자와 수분함량이 달라 A형은 결정형의 구조가 치밀하고 수분이 적은 결정구조로 12 anhydrous glucose unit와 단위 세포당 4개의 물분자로 되어 있다. 그리고 B형은 결정구조 내에 공간이 있어 12 anhydrous glucose unit와 단위 세포당 36개의 물분자가 결합되어 있는 구조로 되어 있으며, C형은 그 중간에 속하는데 알칼리 아밀로오스를 80% 이상의 상대습도와 85-90℃ 범위에 유지하면 A형-아밀로오스가 형성되는 반면 실온에 유지하면 B형-아밀로오스가 얻어진다고 하였다⁽⁹³⁻⁹⁵⁾. 또한 전분의 결정성은 짧은 사슬들이 평형하게 집합체를 이루기 때문이며 주로 아밀로펙틴에서 기인한다고 하였다⁽⁹⁶⁾.

본 실험의 결과, 유색보리, 춘추쌀보리와 겉보리의 X-ray 회절도는 Fig. 16와 같다. 유색보리, 춘추쌀보리와 겉보리 모두 15-25°에서 피크를 보였고, 전형적인 A형을 나타냈다. 또한 회절도의 폭이 좁고, 예리할수록 결정성이 크고, 아밀로펙틴이 많은 찰전분이 메전분에 비해 더 예리하다는 보고⁽⁹⁷⁾와 같이 유색보리가 회절도 폭이 좁고 예리하여 결정성이 크다는 것을 알 수 있었다.

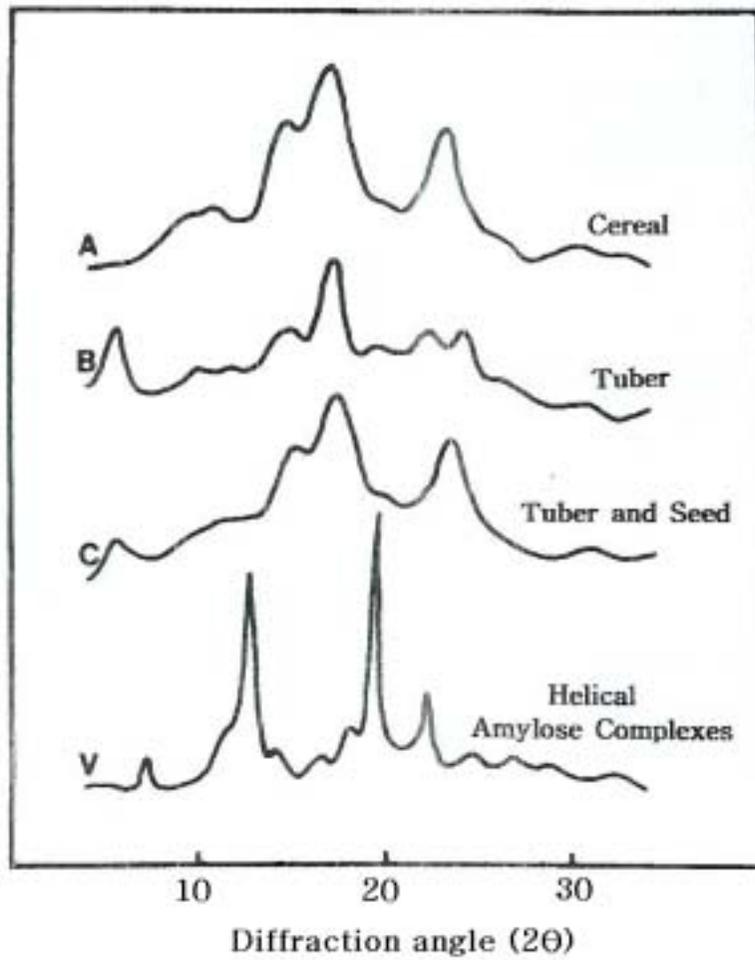


Fig.15 . X-ray Diffraction Patterns of A, B, C and V-type Starches

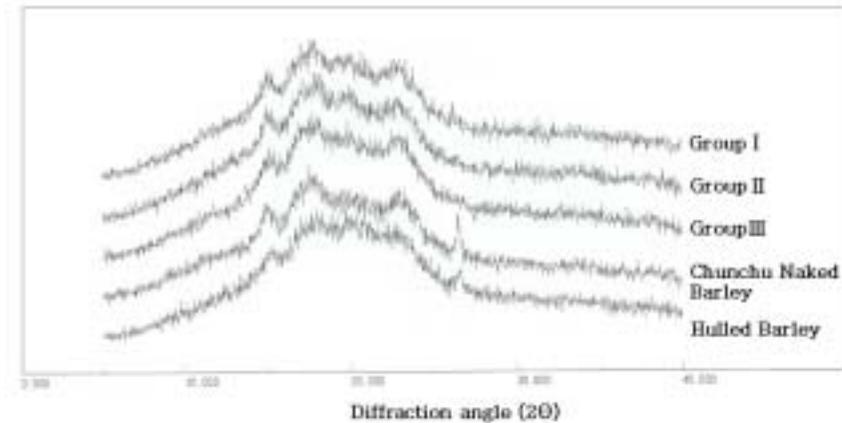


Fig.16. X-ray Diffraction Patterns of Colored Barley, Chunchu Naked Barley and Hulled Barley

유색보리, 춘추쌀보리와 겉보리의 입자형태를 주사전자현미경으로 관찰한 결과를 Fig.17 - 22에 나타내었다. 보리의 전분입자, 단백질, 세포벽 물질 등으로 구성된 입자의 형태 및 크기를 관찰할 수 있었다.

보리 가루를 1000배의 비율로 관찰한 결과, 유색보리와 춘추쌀보리는 납작한 형태를 보였으며, 겉보리는 구형을 나타내었다. 보리를 200, 300, 1000, 3000배의 비율로 관찰한 결과, 외피의 호분층으로부터 여러 층의 세포벽들이 평행하게 형성되어 있는 것을 관찰할 수 있었고, 보리의 겨를 1000배 비율로 관찰한 결과, 유색보리의 외피가 얇으면서 여러 겹으로 밀집되어 있었고 색이 진할수록 즉, Group I > Group II > Group III 일수록 외피가 두꺼웠으며, 겉보리는 기공이 여러 개 있는 것을 관찰할 수 있었다. 배유조직이 짝 차 있는 것을 볼 수 있었는데 전분 입자들이 복립전분체내에 가득 채워져 있었으며 구형 단백질과 섬유상의 막 물질로 추정되는 물질이 복립전분체들 사이에 위치하고 있었으며 또한 색이 진한 유색보리일수록 배유조직이 더 조밀함을 보였다. 전분의 크기와 모양을 관찰한 결과, 유색보리와 춘추쌀보리는 납작한 타원 형태를 보였으며, 겉보리는 구형을 나타내었다.

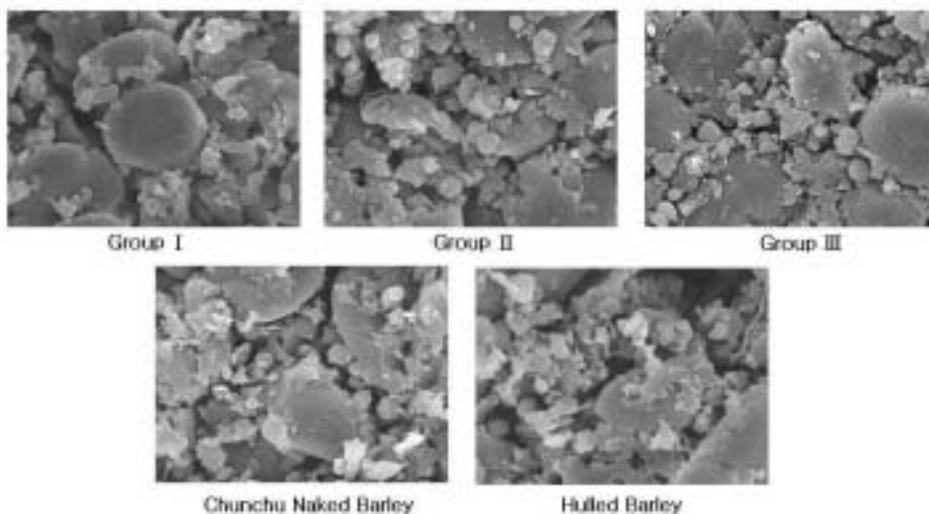


Fig.17. Scanning Electron Microphotographs of Powder Colored Barley, Chunchu Naked Barley and Hulled Barley(cross section, $\times 1000$, by SEM)

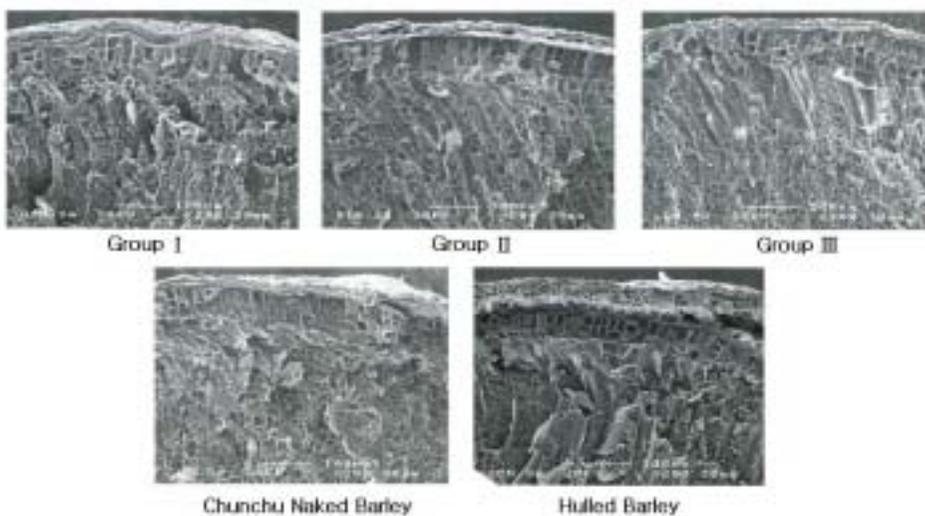


Fig.18. Scanning Electron Microphotographs of Whole Colored Barley, Chunchu Naked Barley and Hulled Barley(cross section, $\times 200$, by SEM)

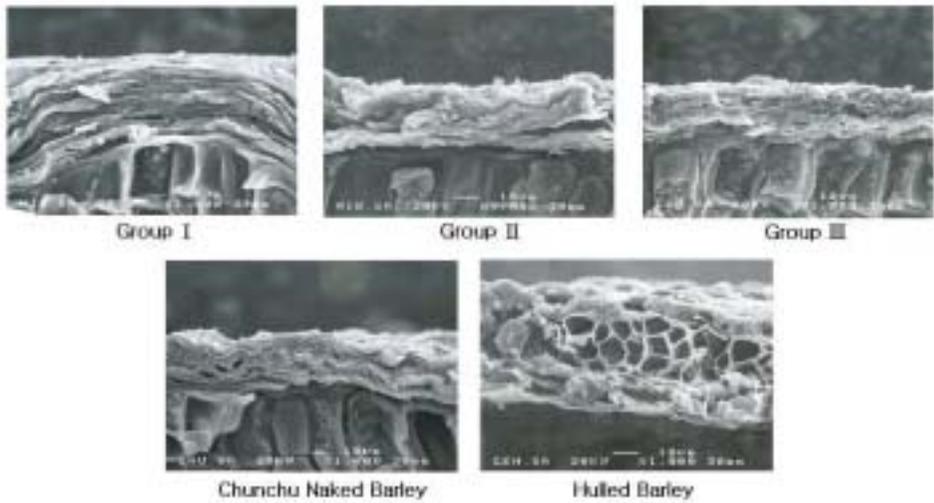


Fig.19. Scanning Electron Microphotographs of Whole Colored Barley, Chunchu Naked Barley and Hulled Barley(at epidermis, $\times 1,000$, by SEM)

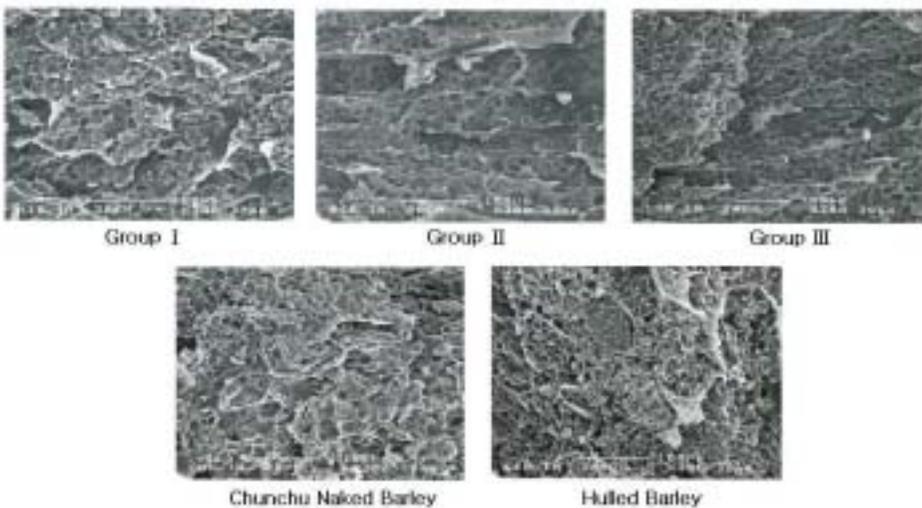


Fig.20. Scanning Electron Microphotographs of Whole Colored Barley, Chunchu Naked Barley and Hulled Barley(at inside, $\times 300$, by SEM)

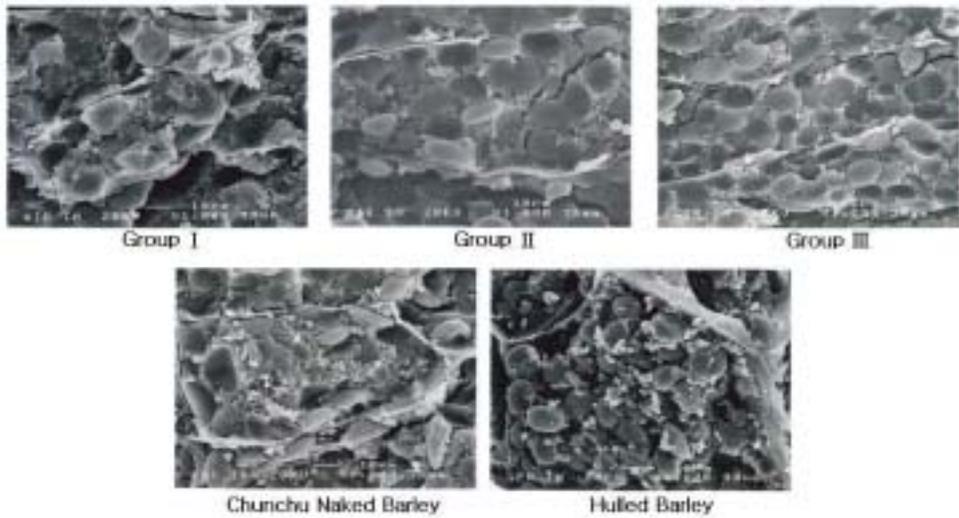


Fig.21. Scanning Electron Microphotographs of Whole Colored Barley, Chunchu Naked Barley and Hulled Barley(at inside, $\times 1000$, by SEM)

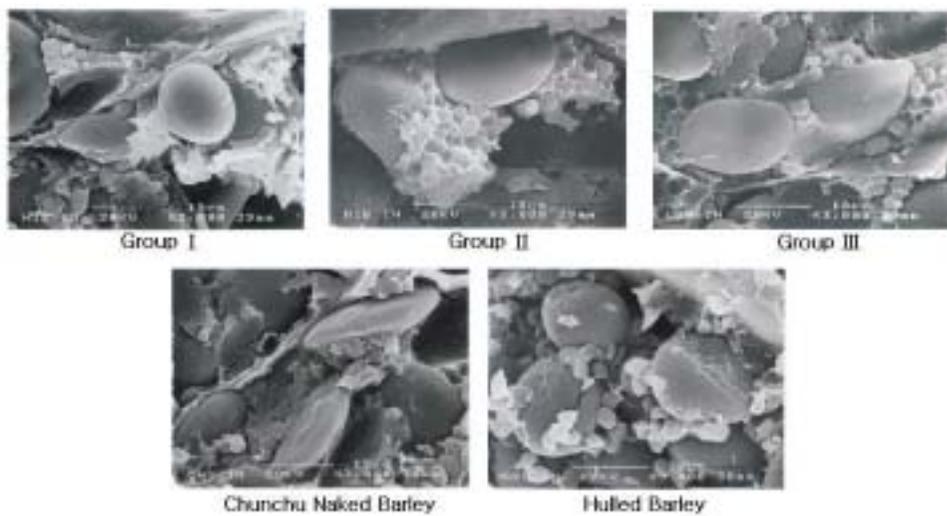


Fig.22. Scanning Electron Microphotographs of Whole Colored Barley, Chunchu Naked Barley and Hulled Barley(at inside, $\times 3000$, by SEM)

3. Anthocyanin 색소 추출물

유색보리 40종과 춘추쌀보리, 겉보리를 0.1% TFA-ethanol 용매로 추출한 추출물은 Fig.23와 같으며, 추출물의 색은 가시적으로도 색의 차이를 확인할 수 있었고, 춘추쌀보리와 겉보리는 적색을 거의 띄지 않음을 볼 수 있었다.

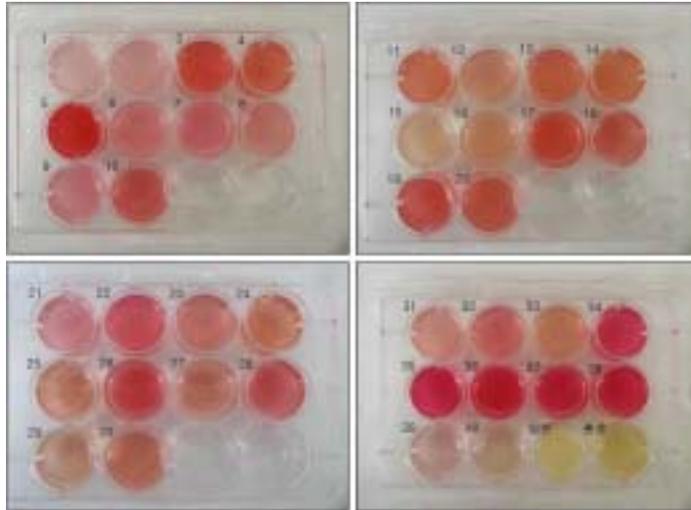


Fig. 23. Photography of 0.1% TFA-Ethanol Extracts Prepared from 40 Lines of Colored Barley, Chunchu Naked Barley and Hulled Barley

1-40 : 40 Lines of Colored Barley

춘추 : Chunchu Naked Barley

일반 : Hulled Barley

가. 유색보리 가루의 색도 측정

유색보리 40종과 대조군인 춘추쌀보리, 겉보리 가루의 색도를 측정한 결과는 Table 31과 같았다. L값은 유색보리16이 78.96으로 가장 높았고 춘추쌀보리가 63.94로 가장 낮았으며, a값은 유색보리35가 3.72로 가장 높았고, 유색보리40이 1.18로 가장 낮았다. b값은 춘추쌀보리가 16.73으로 가장 높고, 유색보리35가 8.28로 가장 낮았다. 백색도는 75.76으로 유색보리16이 가장 높고, 60.13으로 춘추쌀보리가 가장 낮았다.

나. 총 anthocyanin 색소 함량

Anthocyanin은 포도⁽⁵⁴⁻⁵⁷⁾, 나무딸기⁽⁵⁸⁾, 적양배추⁽⁵⁹⁾, 꽃양배추⁽⁶⁰⁾ 등의 과채류와 유색미^(61,62) 등의 곡류, 자색감자⁽⁶³⁾, 자색고구마^(64,65)와 같은 뿌리 또는 줄기의 저장기관 및 꽃이나 열매 등에 존재하고, pH에 따라 주황에서부터 적색, 분홍색, 보라색 및 청색의 다양한 수용성 색소로서 자연계에 약 300여종이 존재하는 것으로 알려져 있으며, 이들 색소원의 이용가능성에 대한 연구가 이루어지고 있다⁽⁶⁶⁾. 이 등⁽⁶⁷⁾의 연구에 따르면 anthocyanin의 색소원에 따라 광의 최대 흡수파장이 514nm에서 538nm까지 다르게 나타나는데 이러한 분광학적인 특성의 차이는 색소원에 따라 각기 다른 형태의 anthocyanin이 존재하기 때문이며⁽⁶⁸⁾ 또한 Hendry⁽⁶⁹⁾는 산성화된 methanol에 용해시킨 cyanidin, delphinidin, malvidin, pelargonidin, peonidin, petunidin의 최대 흡수파장이 각각 535, 546, 542, 520, 532, 543nm이라고 하였다. 0.1% TFA-ethanol 용매로 추출한 유색보리 40종과 대조군인 춘추쌀보리, 겉보리 추출물의 총 anthocyanin 색소 함량을 측정하여 Table 32에 나타내었다. Ultra Spectrophotometer를 이용하여 535nm에서 측정한 결과, Group I(CN9755-G-BSP-4-1-3, No.5)가 1.224로 가장 높았으며, 0.050로 겉보리가 총 anthocyanin 색소 함량이 가장 낮음을 알 수 있었다.

Table 31. Color Index of 40 Lines of Colored Barley, Chunchu

Naked Barley and Hulled Barley

	L	a	b	WI
Colored Barley 1	76.95±0.81	2.44±0.15	11.59±0.58	74.09
Colored Barley 2	73.23±3.16	2.61±0.44	12.06±0.44	70.52
Colored Barley 3	73.67±1.18	2.83±0.12	11.12±0.34	71.28
Colored Barley 4	71.65±2.91	2.85±0.29	10.77±0.48	69.54
Colored Barley 5	73.57±0.66	3.07±0.06	9.21±0.10	71.84
Colored Barley 6	72.77±1.18	2.93±0.17	11.09±0.48	70.45
Colored Barley 7	71.22±0.99	3.42±0.22	10.80±0.18	69.07
Colored Barley 8	71.99±3.10	2.91±0.50	11.74±0.78	69.49
Colored Barley 9	70.61±1.10	2.79±0.03	10.86±0.02	68.54
Colored Barley 10	74.30±2.07	2.46±0.06	10.69±0.29	72.05
Colored Barley 11	77.06±0.79	2.43±0.17	11.32±0.87	74.31
Colored Barley 12	74.00±1.49	2.29±0.25	13.17±0.33	70.77
Colored Barley 13	75.30±1.67	2.41±0.34	11.32±0.65	72.73
Colored Barley 14	73.69±0.72	2.31±0.12	12.07±0.11	70.96
Colored Barley 15	73.41±2.28	1.88±0.15	12.71±0.55	70.47
Colored Barley 16	78.96±1.75	1.84±0.23	11.89±1.04	75.76
Colored Barley 17	75.71±2.51	2.35±0.09	11.55±0.16	73.01
Colored Barley 18	77.04±1.40	2.28±0.12	11.63±0.19	74.16
Colored Barley 19	72.15±0.87	3.44±0.11	12.83±0.16	69.14
Colored Barley 20	76.86±0.45	2.69±0.28	11.87±0.52	73.86
Colored Barley 21	77.43±1.35	2.48±0.18	10.54±0.54	74.97
Colored Barley 22	76.00±1.22	2.94±0.11	9.87±0.18	73.89
Colored Barley 23	72.21±1.02	3.08±0.18	12.97±0.66	69.18
Colored Barley 24	64.60±1.37	2.66±0.16	12.26±0.41	62.44
Colored Barley 25	71.75±2.10	2.66±0.09	10.43±0.32	69.77
Colored Barley 26	67.01±1.41	2.71±0.15	11.32±0.81	65.02
Colored Barley 27	73.23±2.20	2.17±0.43	10.96±0.18	70.99
Colored Barley 28	71.41±0.44	2.54±0.07	12.22±0.08	68.80
Colored Barley 29	73.57±1.43	1.95±0.23	11.67±0.48	71.04
Colored Barley 30	74.00±0.57	2.43±0.09	12.92±0.46	70.87
Colored Barley 31	73.04±1.24	2.43±0.09	11.63±0.06	70.54
Colored Barley 32	71.99±1.25	2.86±0.08	10.68±0.51	69.89
Colored Barley 33	72.20±1.81	1.75±0.16	11.82±0.23	69.74
Colored Barley 34	73.05±0.97	2.14±0.12	10.93±0.54	70.84
Colored Barley 35	67.56±2.27	3.72±0.18	8.28±0.40	66.31
Colored Barley 36	70.31±1.35	2.93±0.15	9.60±0.45	68.65
Colored Barley 37	68.89±1.70	3.05±0.11	9.02±0.03	67.47
Colored Barley 38	69.42±1.50	3.57±0.10	8.80±0.26	67.98
Colored Barley 39	70.20±0.40	3.30±0.19	13.14±0.74	67.26
Colored Barley 40	78.08±0.08	1.18±0.03	11.04±0.11	75.43
Chunchu Naked Barley	63.94±5.64	3.14±0.29	16.73±0.42	60.13
Hulled barley	69.26±3.20	2.62±0.14	16.34±0.21	65.09

Table 32. Absorbance at 535nm of 40 Lines of Colored Barley,
Chunchu Naked Barley and Hulled Barley

O.D		O.D	
Colored Barley 1	0.221	Colored Barley 22	0.715
Colored Barley 2	0.252	Colored Barley 23	0.416
Colored Barley 3	0.756	Colored Barley 24	0.414
Colored Barley 4	0.652	Colored Barley 25	0.364
Colored Barley 5	1.224	Colored Barley 26	0.606
Colored Barley 6	0.335	Colored Barley 27	0.298
Colored Barley 7	0.416	Colored Barley 28	0.484
Colored Barley 8	0.355	Colored Barley 29	0.267
Colored Barley 9	0.341	Colored Barley 30	0.340
Colored Barley 10	0.502	Colored Barley 31	0.355
Colored Barley 11	0.521	Colored Barley 32	0.474
Colored Barley 12	0.262	Colored Barley 33	0.314
Colored Barley 13	0.508	Colored Barley 34	0.971
Colored Barley 14	0.458	Colored Barley 35	1.180
Colored Barley 15	0.170	Colored Barley 36	1.072
Colored Barley 16	0.212	Colored Barley 37	0.788
Colored Barley 17	0.614	Colored Barley 38	1.042
Colored Barley 18	0.473	Colored Barley 39	0.191
Colored Barley 19	0.592	Colored Barley 40	0.113
Colored Barley 20	0.439	Chunchu Naked Barley	0.096
Colored Barley 21	0.499	Hulled barley	0.050

1) TLC 분석

Anthocyanin 중 cyanidin-3-glucoside의 함유를 확인하기 위해 TLC를 이용하여 분석하였다. 다음 Fig. 24에서 보면 유색보리, 춘추쌀보리와 겉보리 모두에서 cyanidin-3-glucoside의 함유를 확인할 수 있었다.

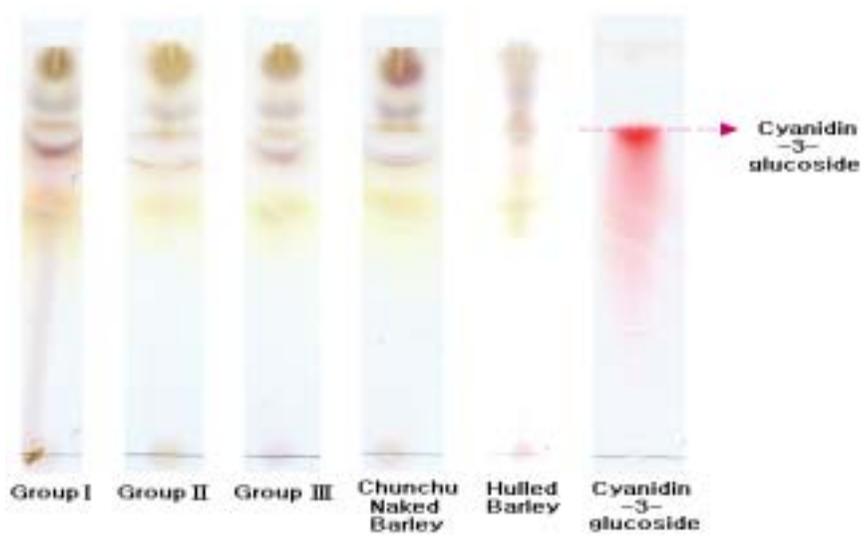


Fig.24. TLC Chromatogram in Extracts Prepared from Colored Barley, Chunchu Naked Barley and Hulled Barley

2) Cyanidin-3-glucoside 함량

보리의 anthocyanin 색소는 은보리의 청색 또는 보라색 품종에서 cyanidin과 delphinidin에 glycoside가 과피와 호분층에 포함되어 있다고 보고되고 있다⁽⁷⁰⁾. 또한 Mcfarlane 등⁽⁷¹⁾은 보리에는 cyanidin, delphinidin과 여러 개의 미확인된 anthocyanin이 있음을 보고하였다. Jende-Strid 등⁽⁷²⁾은 노랑, 청색 또는 검정색의 보리품종에는 delphinidin과 cyanidin이 함유되어 있고, 보라색 품종에는 pelargonidin이 함유되어 있음을 보고하였다. 본 연구에서는 cyanidin-3-glucoside 표준 곡선을 작성하여(Fig.25) 유색보리, 춘추쌀보리와 겉보리의 anthocyanin 색소 중 cyanidin-3-glucoside 함량을 분석한 결과를 Table 33 에 나타내었다.

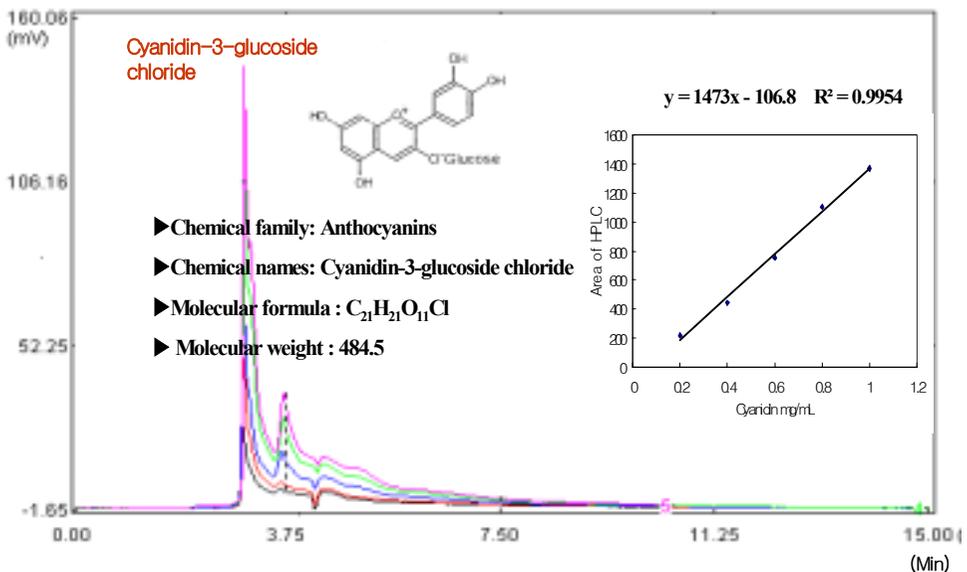


Fig.25. Purification of Cyanidin-3-glucoside by HPLC

Table 33. Cyanidin-3-glucoside(CG3) Contents of 40 Lines of Colored Barley,
 Chunchu Naked Barley and Hulled Barley Extracts Prepared from 0.1%
 TFA-Ethano by HPLC

(mg/g)

	CG3		CG3
Colored Barley 1	1.029	Colored Barley 22	3.731
Colored Barley 2	0.721	Colored Barley 23	1.843
Colored Barley 3	7.435	Colored Barley 24	5.266
Colored Barley 4	9.610	Colored Barley 25	2.734
Colored Barley 5	7.196	Colored Barley 26	4.836
Colored Barley 6	2.520	Colored Barley 27	6.334
Colored Barley 7	2.002	Colored Barley 28	4.446
Colored Barley 8	2.437	Colored Barley 29	3.487
Colored Barley 9	3.250	Colored Barley 30	3.680
Colored Barley 10	9.229	Colored Barley 31	4.526
Colored Barley 11	11.553	Colored Barley 32	3.349
Colored Barley 12	5.030	Colored Barley 33	4.072
Colored Barley 13	5.417	Colored Barley 34	4.156
Colored Barley 14	6.428	Colored Barley 35	3.327
Colored Barley 15	2.734	Colored Barley 36	3.850
Colored Barley 16	3.442	Colored Barley 37	5.877
Colored Barley 17	5.450	Colored Barley 38	2.349
Colored Barley 18	3.991	Colored Barley 39	3.409
Colored Barley 19	4.395	Colored Barley 40	3.115
Colored Barley 20	4.708	Chunchu Naked Barley	1.584
Colored Barley 21	4.236	Hulled Barley	0.670

3) 총 anthocyanin 색소 함량과 cyanidin-3-glucoside 함량의 상관관계

535nm 흡광도에 의해 측정된 총 anthocyanin 함량과 HPLC로 분석한 cyanidin-3-glucoside 함량의 직선회귀방정식으로 상관관계를 비교한 결과, Fig. 26과 같이 정의 관계로 나타났다.

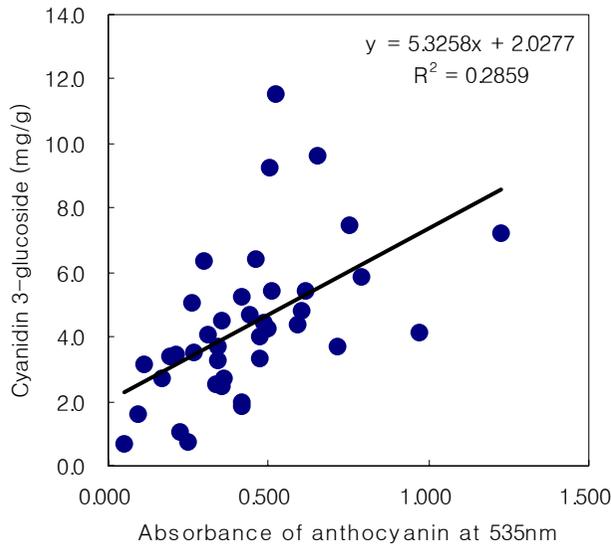


Fig.26. Relationship between Absorbance at 535nm and Cyanidin-3-glucoside Contents of 40 Lines of Colored Barley Extracts Prepared from 0.1% TFA- Ethanol

4. 유색보리의 색소함량에 따른 그룹별 항산화효과 검색

가. 총 페놀 함량

페놀성 화합물은 식물계에 널리 분포하며, 특히 2차 대사산물로 식물 내에 축적된다. 특히 페놀성 화합물들은 생체 내에서 다양한 생리활성을 나타내는 것으로 알려지면서 천연물로부터 항산화 물질을 추출하려는 연구가 다양한

각도에서 이루어지고 있다⁽⁷³⁾.

폴리페놀화합물 중 flavonoid는 $^1\text{O}_2$ 나 O_2^- 와 반응하며 안정한 complex를 형성하여 이들의 소거작용을 가지고 있어 지질의 과산화에 대한 항산화제로 알려져 있다. 항산화 효과적인 측면에서 볼 때 총 페놀성 화합물의 함량과 항산화 효과와는 밀접한 관계⁽⁷⁴⁾가 있기 때문에 총 페놀성 화합물의 함량이 보다 높은 품종이 항산화 효과도 우수하다.

Table 34는 총 페놀 함량을 나타낸 결과이다. Group I이 가장 높은 값을 나타내었고, 춘추쌀보리와 겉보리에 비해 유색보리가 총 페놀 함량이 높음을 알 수 있었다.

Table 34. Total Phenolic acid Contents of Colored Barley, Chun Naked Barley and Hulled Barley Extracts Prepared from 0.1% TFA-Ethanol

(mg/ml)

Quercetin		Quercetin	
Colored Barley 1	0.362	Colored Barley 22	0.259
Colored Barley 2	0.346	Colored Barley 23	0.240
Colored Barley 3	0.277	Colored Barley 24	0.216
Colored Barley 4	0.267	Colored Barley 25	0.192
Colored Barley 5	0.407	Colored Barley 26	0.216
Colored Barley 6	0.303	Colored Barley 27	0.212
Colored Barley 7	0.401	Colored Barley 28	0.203
Colored Barley 8	0.303	Colored Barley 29	0.218
Colored Barley 9	0.230	Colored Barley 30	0.264
Colored Barley 10	0.268	Colored Barley 31	0.247
Colored Barley 11	0.334	Colored Barley 32	0.222
Colored Barley 12	0.218	Colored Barley 33	0.252
Colored Barley 13	0.299	Colored Barley 34	0.527
Colored Barley 14	0.135	Colored Barley 35	0.588
Colored Barley 15	0.124	Colored Barley 36	0.484
Colored Barley 16	0.193	Colored Barley 37	0.443
Colored Barley 17	0.340	Colored Barley 38	0.458
Colored Barley 18	0.271	Colored Barley 39	0.136
Colored Barley 19	0.244	Colored Barley 40	0.124
Colored Barley 20	0.227	Chunchu Naked Barley	0.164
Colored Barley 21	0.276	Hulled Barley	0.240

나. 총 anthocyanin 색소 함량과 총 페놀 함량의 상관관계

535nm 흡광도에 의해 측정된 총 anthocyanin 색소 함량과 총 페놀 함량의 직선회귀방정식으로 상관관계를 비교한 결과, Fig. 27과 같이 정의 관계로 나타났다.

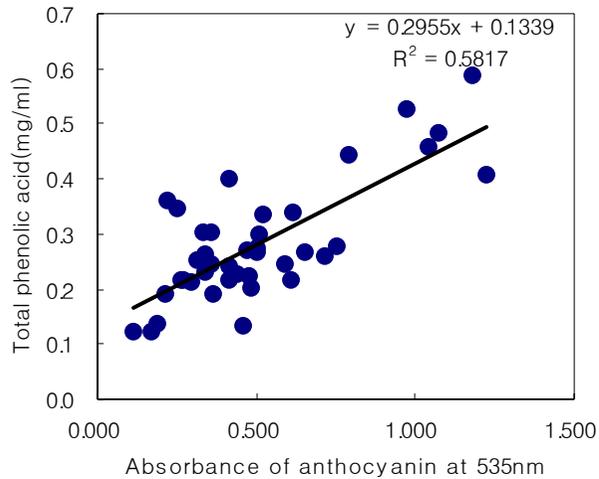


Fig.27 . Relationship between Absorbance at 535nm and Total Phenolic acid Contents of 40 Lines of Colored Barley Extracts Prepared from 0.1% TFA- Ethanol

다. 전자공여능(Electron donating activity) 측정

전자공여능은 지질 과산화 반응의 연쇄반응에 관여하는 산화성 free radical에 전자를 제공하여 연쇄반응을 정지시킨다. 산화성 free radical은 인체 내에서 지질, 단백질 등과 결합하여 각종 질병 및 노화를 일으키는 척도가 되므로 free radical을 제거할 수 있는 항산화제를 식물에서 찾으려는 연구가 이루어지고 있다. 특히 DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazil) radical 소거법은 항산화 물질의 전자공여능으로 인해 방향족 화합물 및 방향족 아민류에 의해 환원되어 짙은 자색이 탈색되는 정도를 나타내는 지표로 항산화능을 나타내는 척도가 된다고 알려져 있다⁽⁷⁵⁾. 이 때의 DPPH의 거동은 hydroxyl radical과 유사하여 free radical 소거 실험에 널리 활용된다⁽³⁹⁾.

전자 공여능의 경우 GroupIII의 CN9747-B-6-1-1-3(No.24)가 가장 전자공여능이 좋았다(Fig.28). 겉보리는 유색보리에 비해 전자공여능이 낮은 편이었으며, 춘추쌀보리는 유색보리는 높은 편이었다.

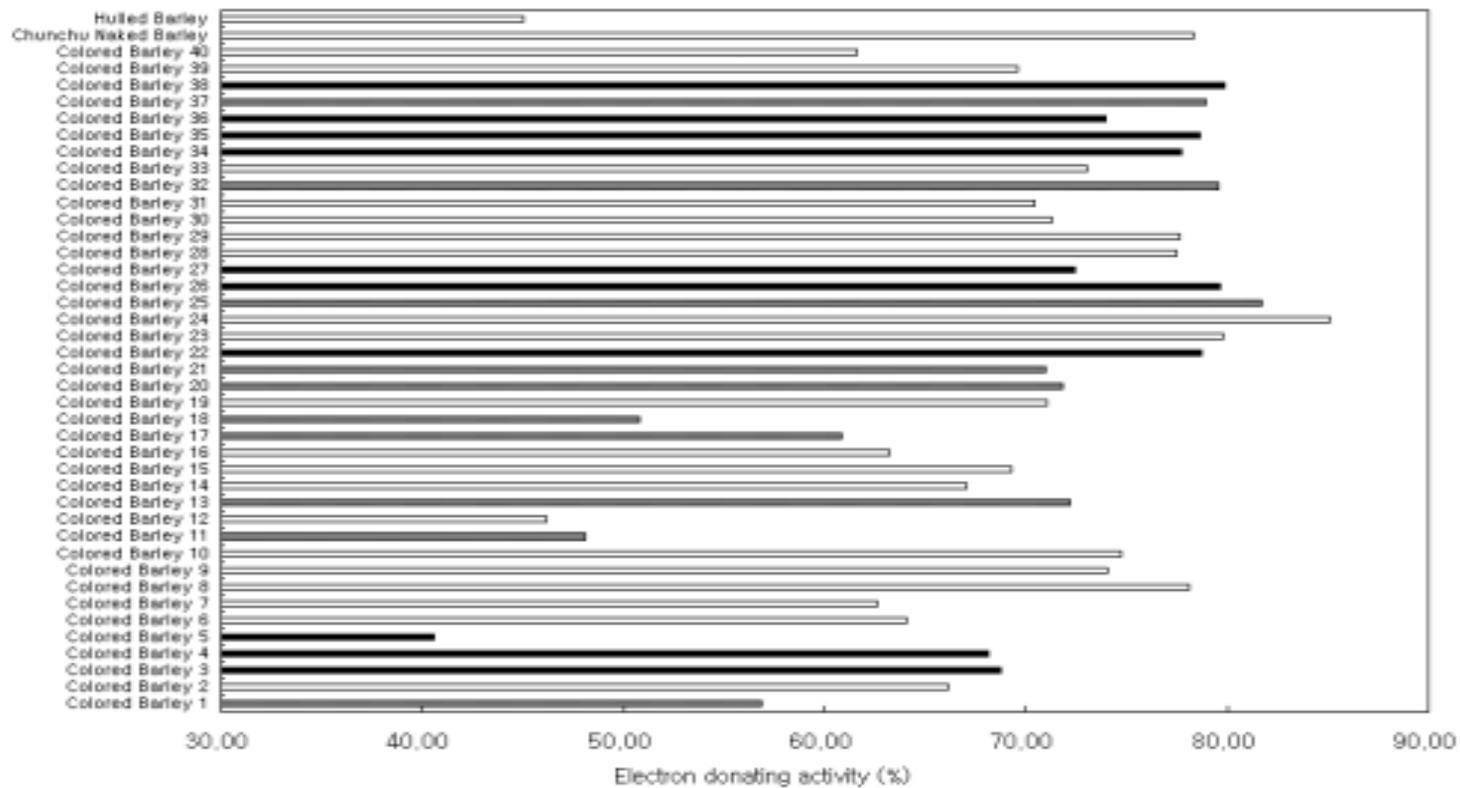


Fig.28. Electron Donating Activity(%) of Colored Barley, Chunchu Naked Barley and Hulled Barley
Extracts Prepared from 0.1% TFA- Ethanol

라. SOD-liked 활성 측정

생체 내 항산화 효소중의 하나인 superoxide dismutase는 세포내 활성산소를 과산화산소로 전환시키는 반응을 촉매하는 효소이며 SOD에 의해 생성된 과산화수소는 catalase 또는 peroxidase에 의해 물분자와 산소분자로 전환되는 중요한 효소 중에 하나이다($2O_2^- + 2H^+ \rightarrow H_2O_2 + O_2$)⁽⁴⁰⁾.

이러한 SOD와 유사한 역할을 하여 superoxide anion의 활성을 억제시킬 수 있는 유사물질의 활성능을 측정한 결과, 모든 추출물이 98% 이상으로 높게 나타났다. 그 중 Group I(CN9755-G-BSP-4-1-3, No.5)가 가장 높았다 (Fig.29).

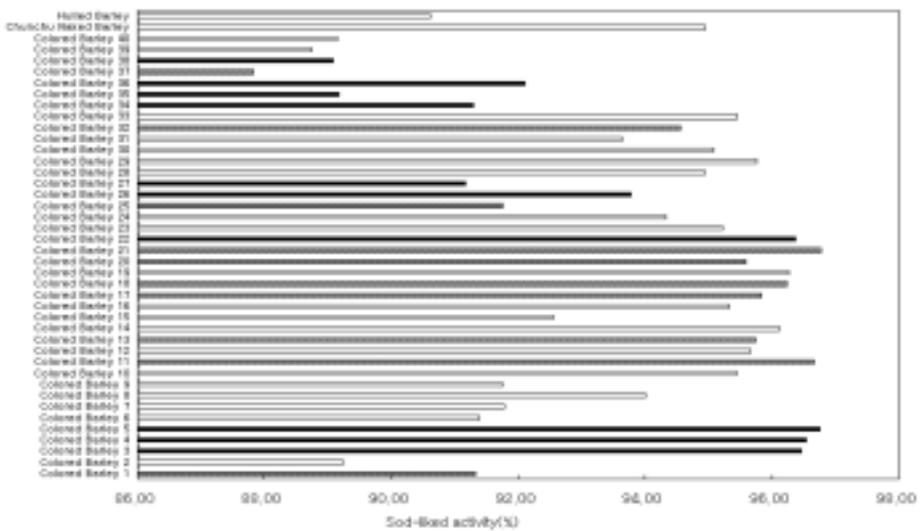


Fig.29. SOD-like Activity(%) of Colored Barley, Chunchu Naked Barley and Hulled Barley Extracts Prepared from 0.1% TFA-Ethanol

마. Lecithin oxidation 저해활성 측정

Egg yolk lecithin에 FeSO₄와 ascorbic acid를 첨가하면 활성산소종인 hydroxy radical이 생성되어 lecithin을 산화시켜 과산화지질을 유발하는 것으로 알려져 있다⁽⁴¹⁾. 페놀성 화합물은 지방산의 산화 초기 생성물인 hydroperoxide와 기타물질과 반응하여 산화를 억제시키고⁽⁷⁶⁾, radical 생성 촉진 물질인 metal ion 즉, Fe 및 Cu와 쉽게 결합하여 macrophage나 free cells 상태에서 free radical의 생성을 감소시킨다고 보고 되었다⁽⁷⁷⁾.

Lecithin에 의한 유색보리 추출물의 산화 저해활성 측정 결과, 유색보리22가 가장 높았으며, 겉보리가 가장 낮았다(Fig.30).

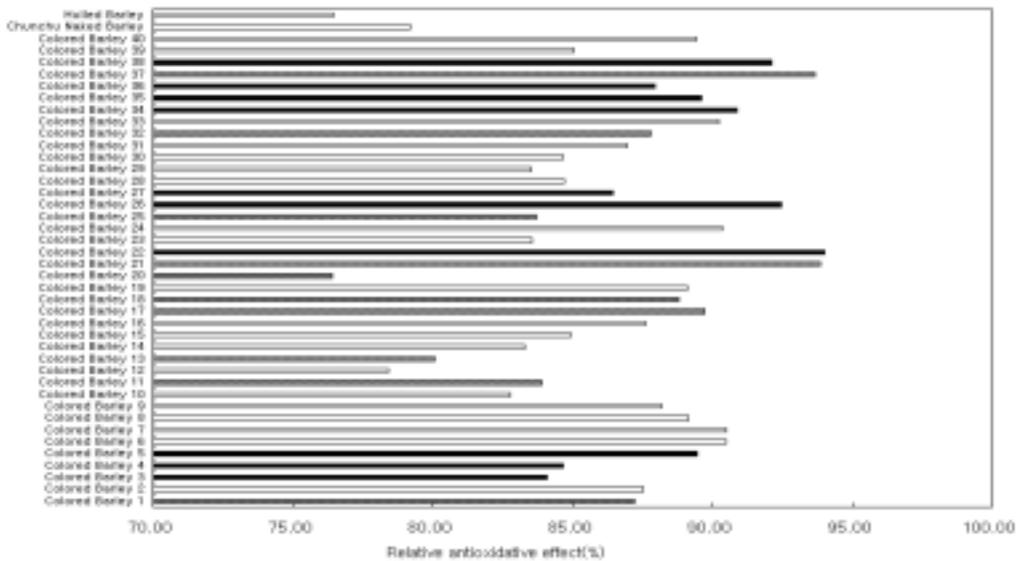


Fig.30. Relative Antioxidative Effect(%) of Colored Barley, Chunchu Naked Barley and Hulled Barle Extracts Prepared from 0.1% TFA- Ethanol on the Peroxidation of Egg Yolk lecithin

바. Hydroxyl radical 소거활성 측정

Hydroxyl radical($\cdot\text{OH}$) 소거능은 2-deoxyribose oxidation method에 의해 측정하였다. Hydroxyl radical은 활성산소 중에서 반응성이 강하여 생체 산화에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다⁽⁴²⁾.

유색보리, 춘추쌀보리와 겉보리의 hydroxyl radical 소거활성을 나타낸 결과, Group I의 CN9747-B-6-1-1-1(No.22) 품종이 가장 높았다(Fig.31).

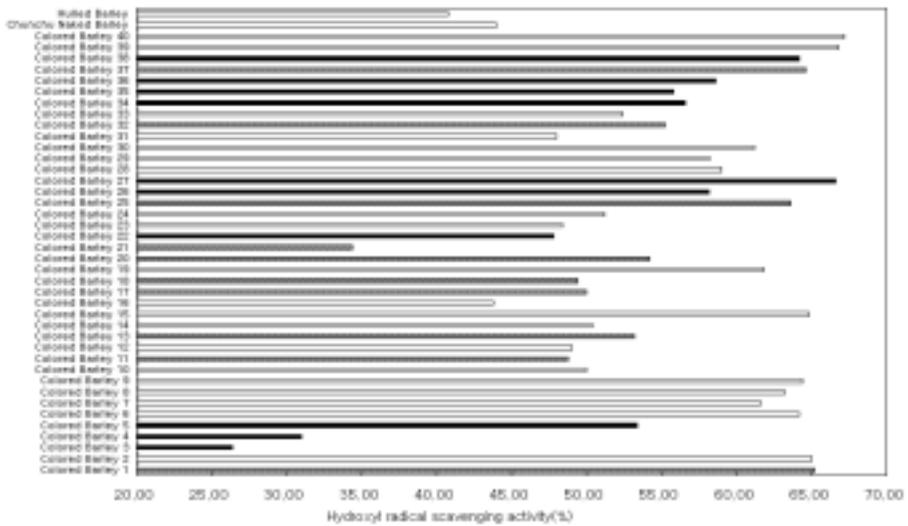


Fig.31. Hydroxyl Radical Scavenging Activity(%) of Colored Barley, Chunchu Naked Barley and Hulled Barley Extracts Prepared from 0.1% TFA- Ethanol

사. Hydrogen radical 소거활성 측정

H₂O₂는 과산화지질의 생성을 촉진하는 것으로 알려져 있으며, 과산화지질은 동맥경화, 뇌졸중 등과 같은 성인병의 원인이 되고, 간장의 세포막에 과산화지질을 증가시켜 세포의 기능이 저하되어 염증이 유발되며, 그 결과 간경화, 간염 등을 초래한다고 보고 되고 있다⁽⁷⁸⁾. Hydrogen radical 소거활성은 SOD에 의해 생성된 과산화수소를 peroxidase를 첨가하여 물과 산소분자로 환원시켜 최종적으로 산패를 억제시켜주는 능력을 측정하는 것이다⁽⁴³⁾.

유색보리, 춘추쌀보리와 겉보리의 hydrogen radical 소거활성을 측정된 결과를 Fig. 32과 같이 나타내었다. Group I의 CN9718-B-53-1-2-1-3(No.32) 품종이 가장 높은 활성을 보였으며, 겉보리가 가장활성이 낮았다.

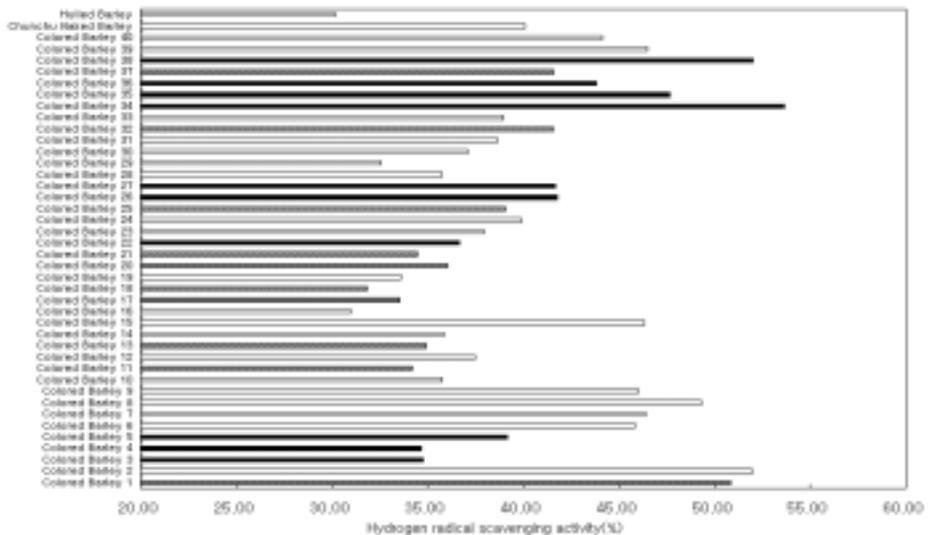


Fig.32. Hydrogen Radical Scavenging Activity(%) of Colored Barley, Chuncho Naked Barley and Hulled Barley Extracts Prepared from 0.1% TFA- Ethanol

아. 총 anthocyanin 색소 함량과 항산화 효과의 상관관계

총 anthocyanin 색소 함량과 항산화 효과의 관계를 직선회귀방정식의 상관관계를 검토한 결과 다음 Fig. 33 -37과 같이 정의 상관관계가 있음을 알

수 있었다. 따라서 색이 진한 유색보리가 총 anthocyanin 색소 함량이 많았으며 항산화 효과가 높음을 확인하였다.

이와 같은 결과로 유색보리는 색이 진한 품종인 Group I, 색이 중간 품종인 Group II와 색이 약한 품종인 Group III로 그룹화 됨을 검정하였다.

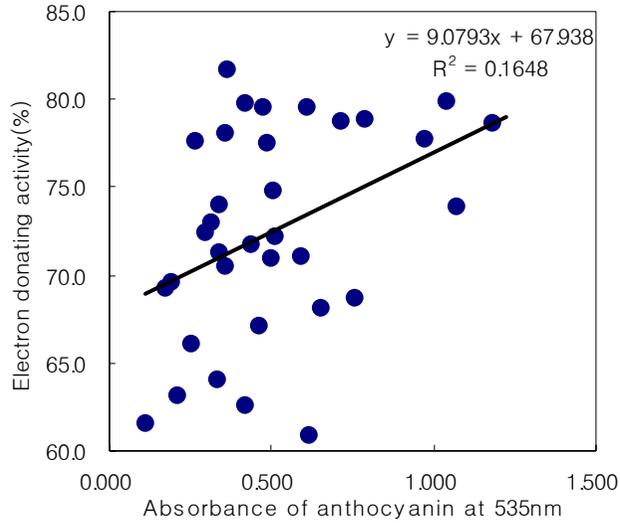


Fig.33 . Relationship between Absorbance at 535nm and Electron donating Activity of 40 Lines of Colored Barley Extracts Prepared from 0.1% TFA-Ethanol

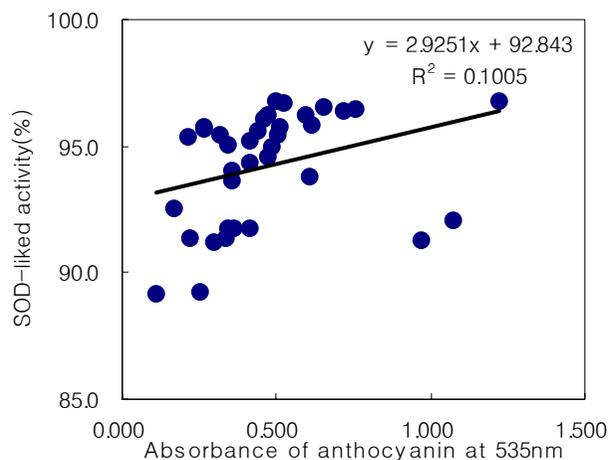


Fig.34. Relationship between Absorbance at 535nm and SOD-liked Activity of 40 Lines of Colored Barley Extracts Prepared from 0.1% TFA-Ethanol

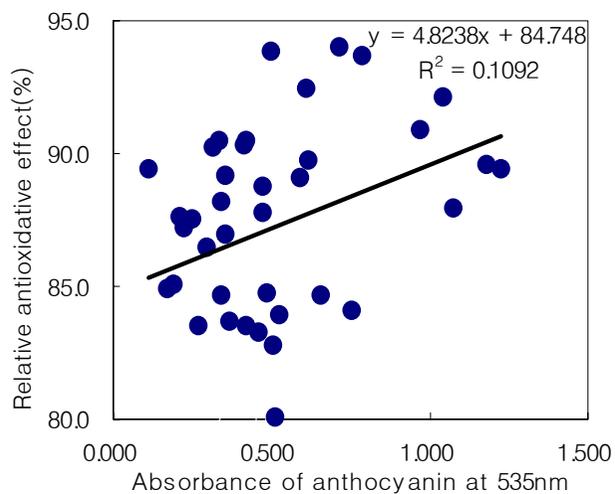


Fig.35. Relationship between Absorbance at 535nm and Relative Antioxidative Effect of 40 Lines of Colored Barley Extracts Prepared from 0.1% TFA-Ethanol

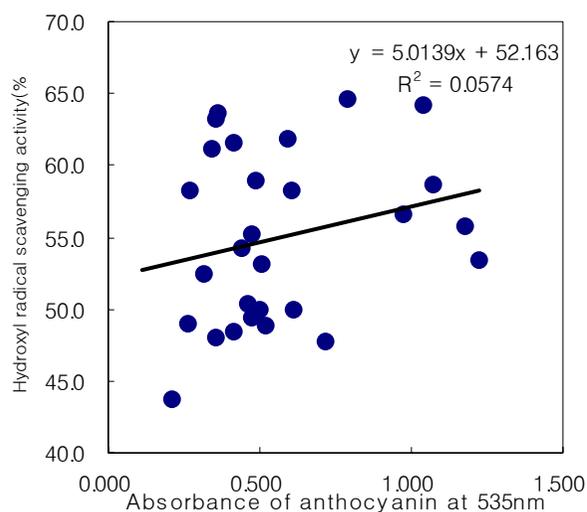


Fig.36. Relationship between Absorbance at 535nm and Hydroxyl Radical Scavenging Activity of 40 Lines of Colored Barley Extracts Prepared from 0.1% TFA- Ethanol

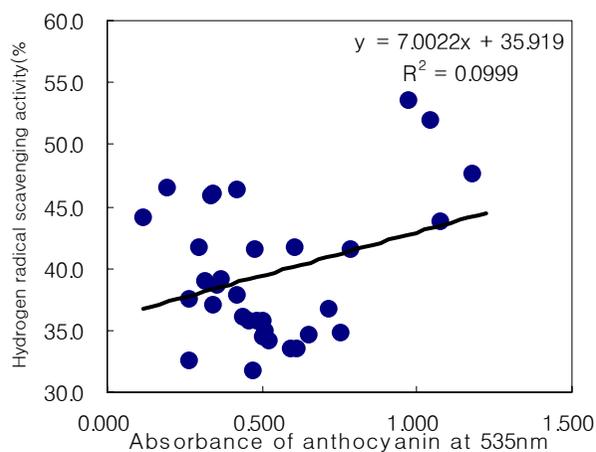


Fig.37. Relationship between Absorbance at 535nm and Hydrogen Radical Scavenging Activity of 40 Lines of Colored Barley Extracts Prepared from 0.1% TFA-Ethanol

5. 유색보리 가공식품

가. 볶은 보리를 이용한 보리 음료가공

볶은 온도가 다른 조건을 달리한 유색보리의 수용성 추출물과 볶지 않은 유색보리의 수용성 추출물의 항산화 효과와의 비교분석하였다. 각각 120℃, 325℃로 1분 동안 볶은 시료와 볶지 않은 시료 25g을 증류수 300ml에 10분 동안 넣고 끓인 후 여과하여 5ml로 감압 농축하였다. 비효소적 갈변도를 측정 한 결과도 325℃로 볶은 보리 추출물이 가장 갈색도가 큰 것으로 나타났다 (Table 35-37).

Linoleic acid 산화에 따른 과산화 반응 억제 효과는 볶지 않은 보리 추출물이 볶은 보리 추출물에 비해 항산화활성이 큰 것으로 나타났으며 liposome 산화에 대한 항산화 효과 분석 결과도 볶지 않은 보리 추출물이 볶은 보리 추출물에 비해 항산화 효과가 높게 측정되었다.(Fig.40,41) Deoxyribose 산화 측정 결과, 높은 온도에서 볶은 보리 추출물이 deoxyribose 산화억제 효과가 낮게 나타났다. 환원력을 분석한 결과 볶은 보리 추출물이 상당한 환원력을 보유하고 있지만 볶지 않은 보리 추출물에 비해 낮았다. DPPH radical의 소거효과는 볶지 않은 보리 추출물이 가장 큰 항산화활성을 보였으며(Fig. 42) lecithin에 의한 과산화물가 측정 결과도 볶지 않은 보리 추출물이 과산화 저해활성이 높았다. Hydroxyl radical 제거효과와 hydrogen radical 소거활성 또한 볶지 않은 보리 추출물이 높은 수준을 보였다(Fig.43, 44). 따라서 볶은 보리를 이용한 항산화 활성이 우수한 음료 가공품의 개발이 가능할 것으로 여겨진다.



Fig. 38. Photography of roasted at 125°C colored barleys

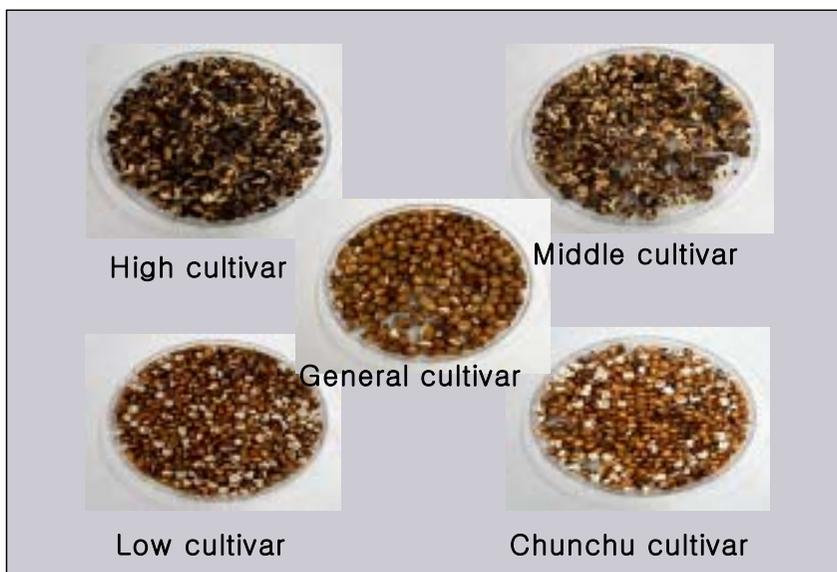


Fig.39. Photography of roasted at 325°C colored barleys

Table 35. Color Index of colored barleys prepared under different roasting temperatures

		L		a		b	
Unroasted	Group I	87.893	± 0.154	-2.022	± 0.024	20.373	± 0.590
	GroupII	87.717	± 0.135	-3.060	± 0.088	24.262	± 0.365
	Group III	89.858	± 1.587	-1.838	± 0.211	14.200	± 3.666
	Chunchu	87.357	± 4.399	-1.383	± 0.434	19.620	± 8.944
	Ggeneral	87.870	± 0.070	-2.867	± 0.006	23.117	± 0.135
	Black	88.233	± 0.169	-1.160	± 0.044	14.720	± 0.353
125°C roasted	Group I	89.333	± 0.420	-2.150	± 0.035	18.338	± 1.181
	GroupII	89.640	± 0.927	-2.347	± 0.077	18.517	± 2.336
	Group III	89.637	± 0.104	-1.842	± 0.026	16.020	± 0.312
	Chunchu	92.310	± 3.890	-1.457	± 0.326	12.723	± 6.026
	Ggeneral	86.757	± 0.199	-2.313	± 0.040	27.303	± 0.497
	Black	82.053	± 0.126	-0.397	± 0.012	27.250	± 0.340
325°C roasted	Group I	38.645	± 1.207	20.610	± 0.242	34.360	± 2.143
	GroupII	57.703	± 4.524	12.480	± 2.696	47.365	± 2.251
	Group III	54.062	± 4.563	12.683	± 1.995	39.288	± 4.783
	Chunchu	48.990	± 1.951	15.097	± 1.127	47.347	± 1.319
	Ggeneral	49.423	± 1.602	13.423	± 1.116	45.713	± 1.645
	Black	44.487	± 1.832	16.630	± 0.980	43.933	± 2.807

Table 36. Nonenzymatic browning of colored barleys prepared under different roasting temperatures

Sample	Browning index(OD/0.1g of barley)	
unroasted	Group I	0.198 ± 0.001
	Group II	0.480 ± 0.001
	Group III	0.264 ± 0.001
	Chunchu	0.411 ± 0.001
	General	0.370 ± 0.001
	Black	0.198 ± 0.001
125°C roasted	Group I	0.252 ± 0.001
	Group II	0.319 ± 0.001
	Group III	0.193 ± 0.000
	Chunchu	0.494 ± 0.001
	General	0.561 ± 0.001
	Black	0.239 ± 0.002
325°C roasted	Group I	1.647 ± 0.002
	Group II	1.631 ± 0.001
	Group III	1.690 ± 0.002
	Chunchu	1.960 ± 0.002
	General	1.221 ± 0.002
	Black	2.219 ± 0.002

Table 37. Reducing power of colored barleys prepared under different roasting temperatures

Sample		Reducing power (OD at 700nm/1mg in barley)		
Unroasted	Group I	0.048	±	0.003
	Group II	0.063	±	0.002
	Group III	0.048	±	0.000
	Chunchu	0.031	±	0.010
	General	0.063	±	0.008
	Black	0.106	±	0.004
125°C roasted	Group I	0.121	±	0.005
	Group II	0.091	±	0.002
	Group III	0.072	±	0.006
	Chunchu	0.097	±	0.004
	General	0.075	±	0.008
	Black	0.062	±	0.003
325°C roasted	Group I	0.109	±	0.002
	Group II	0.042	±	0.010
	Group III	0.070	±	0.007
	Chunchu	0.097	±	0.006
	General	0.105	±	0.003
	Black	0.153	±	0.010

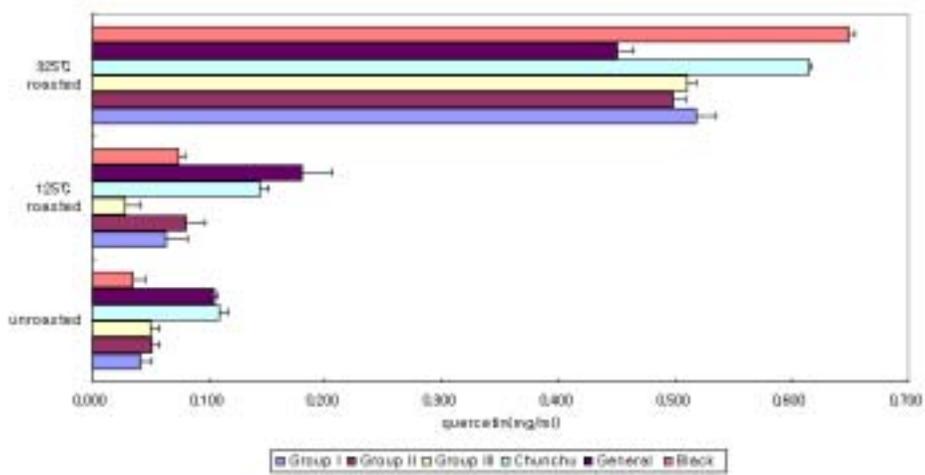


Fig.40. Total phenolic acid contents of colored barleys prepared under different roasting temperatures

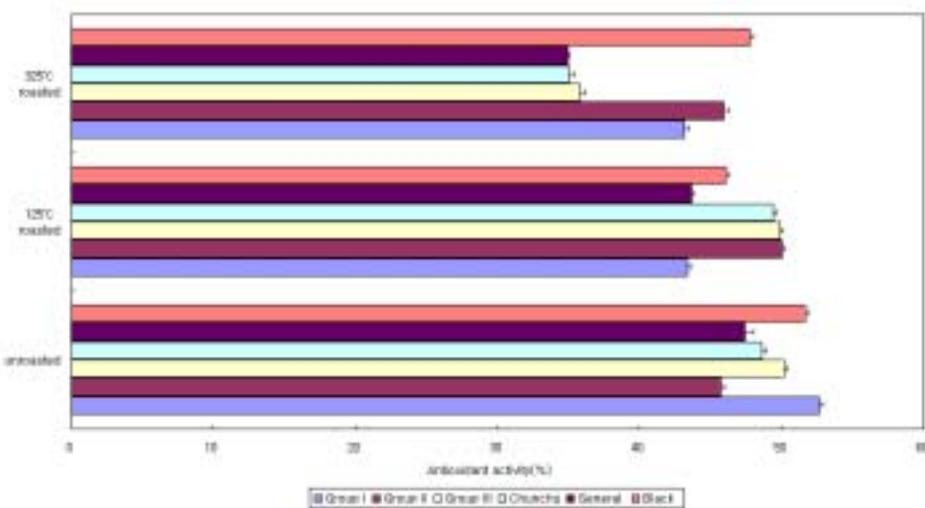


Fig.41. Effect of water extracts of colored barleys prepared under different roasting temperatures on liposome peroxidation

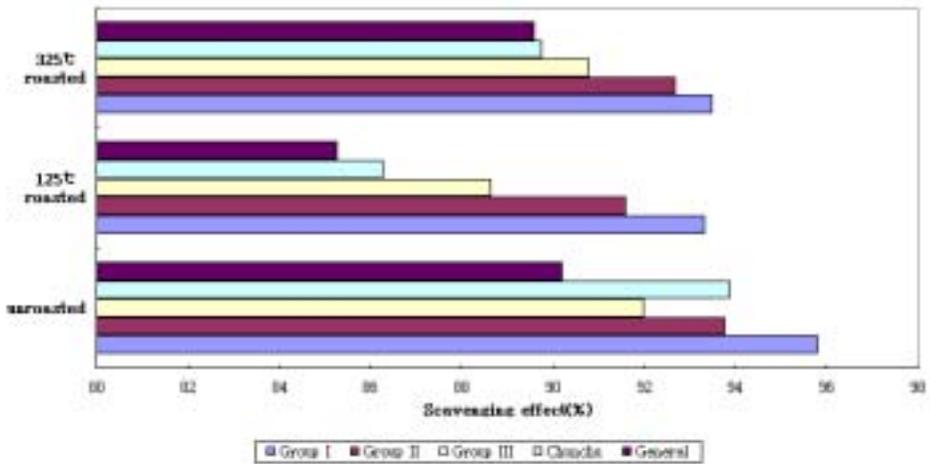


Fig.42. Scavenging effect of water extracts of colored barleys prepared under different roasting temperatures on DPPH radical

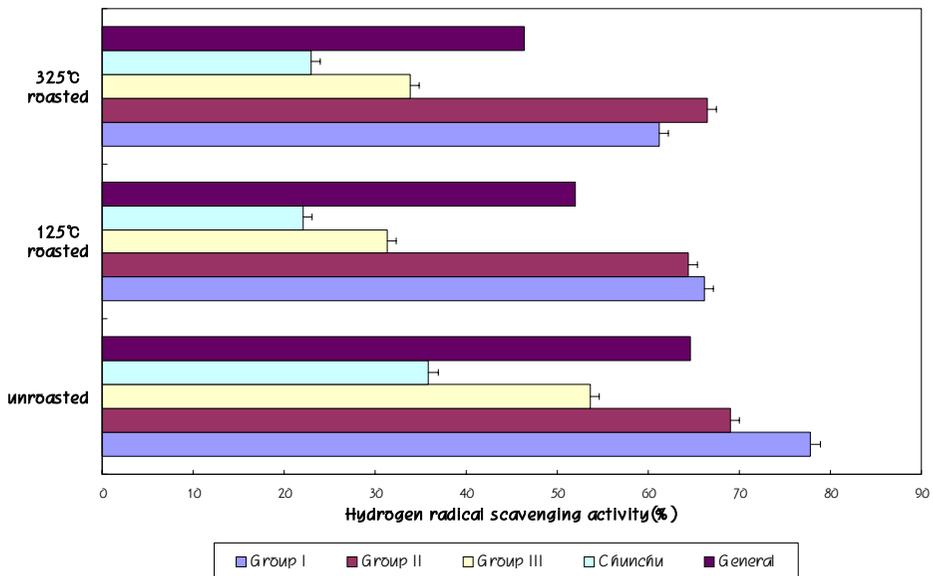


Fig.43. Hydroxyl radical scavenging activities(%) effects of colored barleys extracts prepared under different roasting temperatures

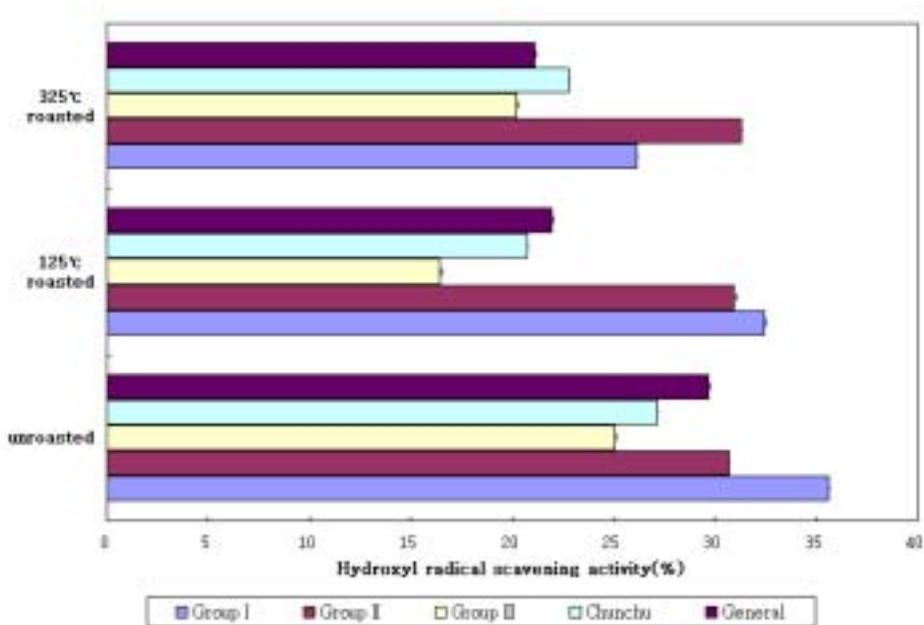


Fig.44. Hydrogen radical scavenging activities(%) effects of colored barley extracts prepared under different roasting temperatures

나. 유색보리의 압출성형

유색보리 파쇄립을 수분함량 20%와 25%, 스크류 회전속도 200rpm과 300rpm, 압출온도 90, 105, 120°C의 조건으로 압출성형물을 제조하였다. 압출성형 후의 압출성형물의 수분함량은 파쇄립일 때 15%, 압출성형물은 5-6%로 나타났다. 색도는 L값 59-65, a값 1-3, b값 15-18로 나타났고, 수분함량 25%의 압출성형물은 L값이 낮고 20%의 압출성형물이 L값이 높았다(Table 38). WAI(water absorption index) 및 WSI(water solubility index) 측정 결과, WAI는 파쇄립의 경우 4.6%였고 압출성형 후 370-480%까지 높았다. WSI는 파쇄립의 경우 2.0%였고 압출성형 후 20-32%였다(Table 39). 호화도는 수분함량이 25%이고, 압출온도가 120°C인 경우가 호화가 가장 잘 일어났으며, 파쇄립의 호화도가 16%와 비교해 충분히 호화가 일어난 것으로 나타났다(Table

40). Texture profile analyser를 이용하여 Hardness(g)를 측정한 결과 수분함량 25%, 스크류 회전속도 200rpm, 압출온도 90℃의 압출성형물이 25,180g으로 높았고, 수분함량 20%, 스크류 회전속도 300rpm, 압출온도 90℃의 압출성형물은 5,391g으로 낮았다. 이상의 결과, 수분함량 25%, 스크류 회전속도 200rpm, 압출온도 120℃인 압출성형물이 유색보리 압출성형물 제조 조건으로 가장 바람직한 것으로 추정되었다(Table 41).

Table 38. The Color Index of Pellet made by Colored Barley.

	L	a	b
pellet1	59.83 ± 1.30	2.05 ± 0.13	15.30 ± 0.17
pellet2	61.49 ± 0.66	2.30 ± 0.09	16.59 ± 0.07
pellet3	62.67 ± 1.70	1.86 ± 0.10	15.66 ± 0.50
pellet4	65.22 ± 0.55	2.92 ± 0.03	18.69 ± 0.20
pellet5	64.55 ± 0.52	2.62 ± 0.15	17.93 ± 0.64
pellet6	64.63 ± 0.98	2.85 ± 0.15	18.51 ± 0.27
pellet7	60.64 ± 0.58	3.14 ± 0.18	17.80 ± 0.14
pellet8	62.49 ± 0.75	2.38 ± 0.08	15.84 ± 0.05
pellet9	60.58 ± 0.57	2.45 ± 0.11	15.47 ± 0.26
pellet10	61.03 ± 0.48	2.40 ± 0.07	15.64 ± 0.09
pellet11	63.04 ± 0.27	2.35 ± 0.02	15.46 ± 0.13
pellet12	62.54 ± 0.78	2.89 ± 0.05	17.63 ± 0.31

Table 39 . Comparison of WAI and WSI the Pellet made by Colored Barley.

	WAI(%)	WSI(%)
pellet before	4.6	6.2
pellet 1	348.0	12.1
pellet 2	378.4	14.8
pellet 3	283.2	23.2
pellet 4	271.8	29.8
pellet 5	282.4	25.1
pellet 6	263.5	24.9
pellet 7	285.9	23.2
pellet 8	300.5	12.4
pellet 9	353.4	16.9
pellet 10	347.9	18.8
pellet 11	287.2	20.8
pellet 12	275.4	22.2

Table 40. The Gelatinization of the Pellet made by Colored Barley.

Gelatinization	%
pellet before	16.28
pellet 1	84.21
pellet 2	50.00
pellet 3	127.66
pellet 4	98.33
pellet 5	82.50
pellet 6	75.51
pellet 7	92.31
pellet 8	4.65
pellet 9	35.06
pellet 10	69.39
pellet 11	115.71
pellet 12	36.50

Table 41. The Hardness of the Pellet made by Colored Barley.

	Hardness	C.V.(coefficient of bar.)
pellet 1	25180.61 ± 909.94	3.61
pellet 2	12231.35 ± 855.84	7.00
pellet 3	6427.41 ± 657.03	10.22
pellet 4	5391.92 ± 150.12	2.78
pellet 5	5689.91 ± 468.23	8.23
pellet 6	5730.19 ± 339.05	5.92
pellet 7	5698.47 ± 166.59	2.92
pellet 8	10160.75 ± 894.82	8.81
pellet 9	16347.63 ± 241.41	1.48
pellet 10	8193.08 ± 465.59	5.68
pellet 11	12620.64 ± 2550.39	20.21
pellet 12	5832.05 ± 148.22	2.54

다. 유색보리를 이용한 기능성 가공식품 개발 예시



엷 기 림



유색보리 식혜



보 리 식 초



Table 42.The Vinegar Drink made by Colored barley vinegar

(g)

	A	B	C	D	E
Colored barley vinegar	25	50	50	50	50
Water	25	-	-	50	50
Apple juice	50	50	50	-	-
Honey	-	-	-	-	20
Fructose	20	20	20	20	-
Glucose	6	6	-	-	-
Sugar	1	1	1	1	1
Oligosacchride	1	1	1	1	1
Ciric acid	0.2	0.2	-	-	-
Malic acid	0.2	0.2	-	-	-
Phosphoric acid	0.5	0.5	-	-	-
Salt	0.2	0.2	-	-	-
Sodium citric acid	0.5	0.5	-	-	-

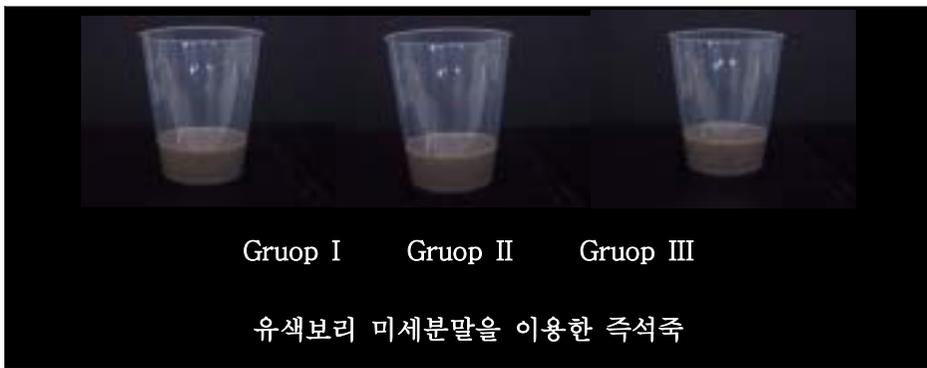


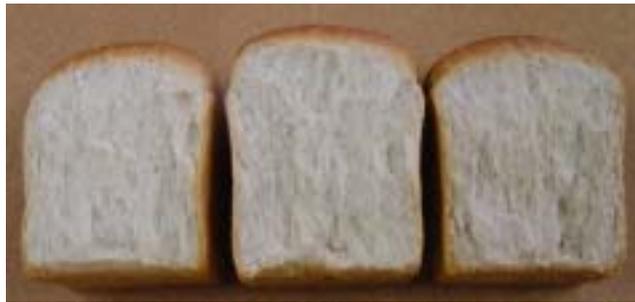
Table 43 The Korean traditional Jook made by the Pellet of Colored Barley

Ingredients	g
Colored pellet powder (GroupI, GroupII, GroupIII)	30
Water	210
Salt	3
Seasoning of clam powder	3



Table 44. The Soup made by the Pellet of Colored Barley

Ingredients	g
Colored pellet powder (GroupI, GroupII, GroupIII)	30
Butter	20
Water	300
Milk	10
Salt	3
Seasoning of beef powder	3



Group III GroupII Group I

유색보리 식빵

Table 45. The formulation of bread with colored barely

Ingredients(%)	Control	Group I	Group II	Group III
Flour	100	75	75	75
Colred barley	0	25	25	25
Whole egg	250	250	250	250
Sugar	125	125	125	125
Corn oil	30	27	24	21
Water	20	20	20	20
Salt	1	1	1	1

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에 기여도

구 분	평가의 착안점 및 척도	
	착 안 사 항	척 도 (점수)
1차년도 (2002)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유색보리유전자원 수집 및 평가 ○ 농업적 특성조사 ○ 보리소재의 이화학적 특성 조사 ○ 효율적 항산화제 생산을 위한 최적용매 및 추출조건 확립 ○ 추출용매에 의한 추출물의 항산화 간이 검정 	<ul style="list-style-type: none"> 25 25 10 10 30
2차년도 (2003)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 계통 육성 ○ 유망자원 내재해성 검토 ○ 기능성 물질 활용방안 검토 	<ul style="list-style-type: none"> 35 15 50
3차년도 (2005)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 보리호위축병 검정 ○ 내한성 검정 ○ 항산화활성이 높은 물질 추출방법 확립 ○ 기능성 성분의 이용성 확립 	<ul style="list-style-type: none"> 25 25 30 20
최종평가	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유색보리 육성 ○ 항산화 효능을 과학적으로 입증 ○ 기능성 식품 소재개발 	<ul style="list-style-type: none"> 50 25 25

제 5 장 연구개발 결과의 활용 계획

1. 활용방안

본 연구과제의 수행으로 얻은 기초연구결과는 한국영양식품과학회, 동아시아학회, 한국식품과학회 학회 발표 또는 논문으로 게재하였으며, 특히 보리의 폴리페놀성분의 항산화성과 생리활성기능에 대한 결과는 신문, 방송 등을 홍보매체를 통하여 전파할 계획을 가지로 있으며 유색보리의 소비확대 및 국민건강 증진에 기여하도록 노력을 가중할 예정이다. 또한 유색보리의 가공식품의 대량 생산 방법을 모색하며, 상업화 가능기술은 생산 가능 기업을 통하여 기술이전을 실시 할 예정이다. 또한 제품개발과 관련된 신기술을 참여기업을 통하여 유색보리 가공 식품의 생산에 적극 활용할 것이다.

2. 학술지 및 관련 홍보매체에 게재

가. 학회 논문 발표 실적

강명화, 송은승, 원미희, 이주철, 유미애, 최재성, 박상래. 품종이 다른 유색보리 추출물의 항산화 효과, 한국식품과학회 제 70차 학술대회, 2003.

강명화, 송은승, 원미희, 최재성, 박상래. 계통이 다른 유색보리의 이화학적 특성, 한국식품영양과학회 제 54차 학술대회, 2003.

강명화, 송은승, 원미희, 최재성. 유색 보리의 이화학적 특성, 한국식품과학회 제 71차 학술대회, 2004.

강명화, 송은승, 원미희, 최재성. 유색보리 추출물의 항산화 효과, 한국식품과학회 제 71차 학술대회, 2004.

강명화, 송은승, 원미희, 최재성. 유색보리로부터의 항산화 물질 최적 추출방법 확립, 한국식생활문화학회, 2004.

강명화, 송은승, 원미희, 최재성. 볶는 온도가 다른 조건에 따른 유색보리로부터의 수용성 추출물의 항산화 효과, 동아시아 식생활학회 학술대회, 2004.

강명화, 송은승, 원미희, 최재성, 류기형. 유색보리 파쇄립을 이용한 압출성형물의 특성, 한국식품영양과학회 제 55차 학술대회, 2004.

강명화, 송은승, 원미희, 최재성. 유색보리 추출물의 항산화 효과, 한국식품영양과학회지, 2005. 12 게재예정

3. 향후 유색 보리의 연구 계획

식용보리는 백도가 높으며 흡수율, 퍼짐성 등 취반성이 좋은 품종의 육성을 목표로 하고 있다. 보리밥의 식미를 증진하기 위해 메보리에 착성 인자를 도입한 착성보리를 다수 개발하여 식용 찰보리쌀로 상품화 되어 인기에 판매되고 있으며 향후 인위적 돌연변이 처리로 아밀로스(amylose) 함량이 0% 또는 40% 이상되는 고·저 아밀로스의 지금까지와는 전혀 다른 새로운 보리 품종을 육성중에 있다. 이와 더불어 취반성 개량 및 기능성 증진을 위해서 고·저 베타글루칸, 저단백 인자, 고 라이신함량, 고·저 폴리페놀류 함량, 분상성 전분립 등 전분립 구조 변화에 따른 취반 특성 변이 등을 복합적으로 도입하여 신품종을 개발하는 연구도 수행하고 있어 금후 보리의 기능성과 관련하여 다양한 품종이 개발될 것으로 기대하고 있다. 또한 가공용 보리로는 식품의 고품질화 및 다양화 요구에 부응하기 위하여 유색보리, 고효소력, sugary 품종, 비타민이나 생리활성 물질이 풍부한 거대배(胚) 품종 등 특수한 형질을 보유하거나 이용성을 증대할 수 있는 품종개발연구를 강화할 계획이다.

표 46. 향후 보리의 기능성성분별 육종 개발 목표 및 활용가능성 탐색

성분	개발(육종)목표	활용가능성
베타글루칸 (β -glucan)	고 - 베타글루칸	<ul style="list-style-type: none"> ○ 식이섬유의 기능성 활용 ○ 건강식 및 의약용
	저 - 베타글루칸	<ul style="list-style-type: none"> ○ 양조용 (맥주) ○ 비반추동물 사료용
아밀로스 (amylose)	고 - 아밀로스 (현재25 → 40%이상)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 저점도, 산 및 효소 안정성에 따른 용도의 다양화 ○ 저칼로리 식품 등
	저 - 아밀로스 (0 %)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 냉동 및 해동 안정성이 높은 식품 등 신용도 개발
전분립 구조	분상성 전분	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고식미 특성을 활용한 식용 및 가공용 제품개발
라이신 (lysine)	고 - 라이신 (일반품종의 20% 이상 증)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 균형 영양식 ○ 사료 효율의 증대
색소 (anthocyanin)	고 -anthocyanjin	<ul style="list-style-type: none"> ○ 색소 함유 기능성 음료 개발 ○ 천연색소 첨가 식품응용 ○ 화장품 등 생활용품의 색소 대체 가능
폴리페놀 (polyphenol)	고 - 폴리페놀	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기능성 활용
	저 - 폴리페놀	<ul style="list-style-type: none"> ○ 상품성(식미) 향상

제 6 장 연구개발과정에서의 수집한 해외과학기술정보

품종개발된 유색보리와 기능성 가공식품의 산업화에 필요한 기술정보자료를 조사한 결과는 다음과 같으며, 내성이 강한 품종의 개량과 더불어 다양한 생리활성 물질의 탐색과 이를 식의약품에 소재로써의 가능성을 모색하고자 한다.

1. 보리의 영양학적 가치

보리는 전분작물 이면서도 단백질이 8~15%나 들어 있을 뿐만 아니라 식이섬유, 비타민 B군, 각종 무기물 등이 풍부하게 함유된 우수한 식품자원이다. 특히 보리에는 섬유소 함량이 매우 풍부하며 대표적 식이섬유인 베타글루칸(β -glucan)은 변비해소, 대장암 발생억제, 혈중 콜레스테롤 저하 등 각종 성인병 예방에 효과가 큰 기능성물질로 알려지면서 보리의 식품적 가치가 재평가되고 있다. 또한 보리에는 쌀이나 밀가루에서 부족하기 쉬운 비타민 B군(B₁, B₂, B₆)과 철분, 칼슘과 같은 무기질이 많이 들어 있어서 쌀을 주식으로 하는 우리 국민의 영양균형을 보완하여 건강을 유지시킬 수 있는 우수한 곡류 자원이 될 수 있을 것이다. 보리에는 불포화 지방산인 리놀레산 (18:2, Linoleic acid) 및 리놀렌산 (18:3, Linolenic acid)의 함량이 높아서 심장계 질환 및 각종 암 예방에 효과가 있다는 보고가 다수 있다. 이와 같이 보리는 기능성 측면에서 다른 곡류보다 우수한 점을 적극 활용하여 향후 활용분야를 확대할 수 있을 것이며 작물로써의 잠재가치가 크게 증대될 것으로 기대할 수 있다.

2. 보리의 국내·외 이용현황

사람이 보리를 식용으로 이용하기 시작한 것은 17,000 ~18,000년의 역사를 지닌 것으로 추정되며 보리 재배 초기에는 쌀, 밀, 옥수수 등과 같이 주로 식용으로 이용하였다고 전해진다. 그러나 현재 세계의 보리 이용방법은 생산

량의 대부분이 가축사료로 이용되고 있으며 원맥의 일부는 엿기름, 맥주 및 위스키 가공용 전분원료 등으로 쓰이고 있는 실정이다. 또한 과거에 비하여 한정된 양이기는 하지만 정맥, 보릿가루, 맥아추출물 및 볶은 보리 등 직접식 용이나 2차 가공 중간소재 등 다양한 용도로 쓰이고 있고, 일부는 타 곡류와 혼합하여 투게, 양어 및 애완 동물 사료용으로 이용되고 있다. 가까운 일본의 경우 보리 이용현황은 주식용 압맥, 맥아 제조, 보리된장, 보리차, 미숫가루, 가공용 보릿가루 등으로 이용되고 있는데 맥종에 따라 그 용도를 분류하여 사용하고 있다. 현재 우리나라에서는 보리 생산량 중 많은 부분이 소주용 주정 제조를 위한 전분 원료로 이용되고 있으며 혼반(식용) 및 가공용으로서 빵, 떡류, 면류, 장류, 엿기름, 차류 및 음료, 주정, 식초와 같은 가공원료 등으로 다양하게 이용하고 있다.

3. 보리의 기능성 물질

가. 베타글루칸

베타글루칸은 보리,귀리 호밀등 맥류의 배유 및 세포벽에 다량 함유되어 있는 기능성 식이섬유소로서 보리에는 품종에 따라 2~8% 함유되어 있으며, 베타글루칸을 섭취하게 되면 혈관이나 간의 콜레스테롤 함량을 낮춰주어 고혈압과 같은 성인병 예방에 효과가 매우 높을 것으로 기대된다.

보리에 함유된 베타글루칸 중에서도 수용성 베타글루칸이 체내에서 생리적으로 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있는데 수용성 베타글루칸은 점성이 높아 콜레스테롤 저하효과가 매우 크다. 이밖에도 베타글루칸은 암 예방과 혈중 포도당 농도를 조절하는 생리적 작용이 있는 것으로 알려지고 있고 인체의 소화기관내에서 여러 가지 독성물질이나 유해성 미생물 등을 흡착하여 배설 함으로서 정장 효과가 크다. 이와 같이 성인병 예방 등 여러 가지 기능성이 있는 베타글루칸의 활용성을 확대하여 보리의 부가가치를 증대시키기 위해서는 베타글루칸함량이 높은 새로운 보리품종의 개발이 지속적으로 요구되고 있는 실정이며 최근에는 보리로부터 베타글루칸을 분리 정제하는 기술이 개발되어 식품첨가제나 가공식품의 중간소재로 활용 할수 있게 되다. 즉 베타글루

칸은 수용액 상태에서 점도가 높기 때문에 식품 검류 (food gum)로 사용하여 식품에 원하는 기능적 특성을 부여할 수 있으며 베타글루칸 수용액의 높은 점도유동특성은 식품첨가물인 증점제(thickening agent)로서 상업적 가치가 충분히 있다. 따라서 베타글루칸을 풍부하게 함유한 곡류 가공식품은 고혈압 환자의 혈중 콜레스테롤 저하를 위한 식이요법으로 활용될 수 있어서 관련 의약품이나 건강식품 산업에 활용될 수 있는 무한한 잠재력을 예상할 수 있다.

나. 아라비노 자일란

아라비노자일란(arabinoxylan)은 아라비노스(arabinose)와 자일로스(xylose)로 구성되어 있는 비전분 다당류(non-starch polysaccharides)로서 주로 곡물의 종피와 배아에 분포되어 있다. 아라비노자일란의 함량은 곡류에 따라 차이가 있으나 보리에는 6%정도 함유되어 있어서 곡류중 아라비노자일란 함량이 가장 높다(Fig. 45). 아라비노자일란은 점도, 보수력, 겔화, 글루텐과의 상호작용에 의하여 제빵 특성이나 빵의 노화에 영향을 끼치는데 소량의 첨가만으로도 빵의 품질을 향상 시킨다. 최근 아라비노자일란의 식이섬유소의 기능성뿐만 아니라 면역증강활성, 항암 또는 암 예방 활성, 항바이러스/항균 활성, 당뇨 예방 활성 등 여러가지의 생리활성 기능이 있는 것으로 보고 되고 있다.

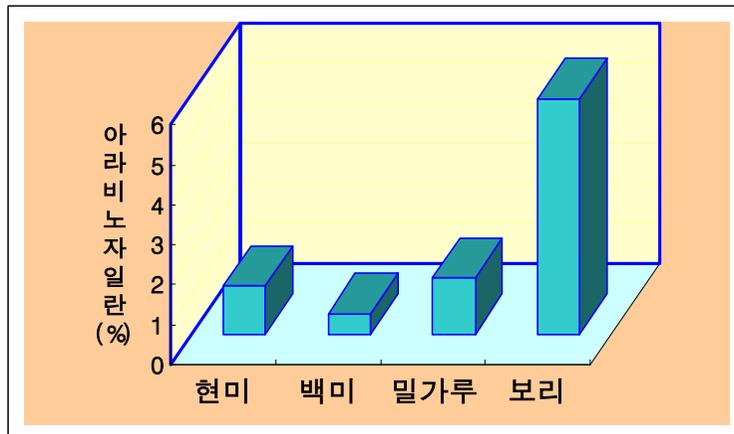


Fig. 45. The contents of arabinoxylan in various grain

다. 폴리페놀

보리 종실에 함유되어있는 폴리페놀 성분은 밥을 지을 때 폴리페놀 산화 효소의 작용을 받아서 퀴논과 같은 갈변물질을 생성하게 되어 색깔이 변하게 되므로 외관품질을 저하 시키는 원인물질로 작용하기 때문에 지금까지는 가능한 희고 밝은 색상을 가진 저 폴리페놀 보리 품종을 선호하는 경향이 있었다. 그러나 최근 보리의 변색 원인물질인 폴리페놀이 항돌연변이 효과 뿐만 아니라 항산화 작용, 악취제거, 콜레스테롤 저하, 혈압강하등 에도 효과가 있는 것으로 알려지면서 기능성 물질로 각광받고 있다. 최근 일본에서 연구된 바에 의하면, 전세계적으로 수집한 1,347점의 보리 유전자원의 폴리페놀 함량을 분석한 결과 0.19 ~ 0.75 mg/g로 다양한 함량 변이가 나타나고 있으며 우리나라의 보리품종이 일본이나 구미의 보리품종보다 폴리페놀 함량이 다소 낮은 것으로 보고되고 있다.

라. 비타민 B군

보리는 비타민B군의 뛰어난 공급원으로 특히 티아민(Thiamin, 비타민 B₁), 리보플라빈(Riboflavin, 비타민B₂) 및 피리독신(Pyridoxine, 비타민B₆) 함량이 높다. 티아민은 피리미딘 고리와 티아졸 고리가 메칠렌기로 연결된 구조를 하고 있으며 식품의 조리 및 가공과정에서 열에 의해 쉽게 파괴되고 알카리 용액에서 불안정하지만, 체내 기능은 소화를 돕고 신경, 심장과 근육의 기능을 정상화하는 작용이 있다. 또한 리보후라빈(비타민B₂)은 비타민B₆를 활성화시켜 트리프토판을 나이아신(Niacin, 비타민B₃)으로 전환시키는데 필요하며 부족하게 되면 성장정지, 피로, 식욕감퇴, 혀의 염증과 피부염 등에 감염될 수 있다.

마. 토코페롤

보리에는 자연에서 발견되는 8가지 토코(tocohols)류를 모두 함유하고 있는데 보리의 배조직에 많이 분포되어 있으며 배유와 호분층에서도 토코트리엔올(tocotrienol , α T-3)이다. 사료로써 보리를 닭에게 급여한 결과 닭의 혈장과

간의 콜레스테롤 치를 각각 45%와 35%씩 낮추는 효과가 있는 것이 규명되었다.

바. 무기질

보리에 많이 함유되어 있는 무기물은 칼슘과 철분을 꼽을 수 있는데 그 중에서 칼슘은 인산칼슘(85%), 탄산칼슘(10%) 상태로 존재한다. 칼슘은 혈액을 알칼리성으로 하고 혈액의 응고를 촉진시키며 심장의 수축력을 세게 하고 근육의 흥분성을 억제하며 신경의 자극에 대한 감수성을 진정시키며 효소의 부활작용을 한다.

제 7 장 참고문헌

1. Park, S.H., Physicochemical properties of pigmented rice. Master Thesis, Seoul National University (1973)
2. Kim, J.S., Development of cooked food using speciality rice. *Rural Home Economics* 18: 5-8 (1997)
3. Lee, D.S., Park, H., Studies on Chemical Constituents of Barley in Korea; Varietal Difference in Protein and Carbohydrate Contents of Polished Barley. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 4: 90-94 (1972)
4. Park, H., Originals: Varietal Difference in Protein, Carbohydrate, P, K, Ca and Mg Content of Naked Barley. *Kor. Society for Applied Biol. Chem.* 19: 31-35 (1976)
5. Lee, J.S., Kim, S.K., Kim, C.S., Cho, M.H., Contents of Minerals and Amino Acid of Husked and Naked Barley. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 15: 90-92 (1983)
6. Jung, E.Y., Yum, C.A., Kim, S.K., Jang, M.S., The Chemical Composition of Pearled, Cutted and Pressed Barleys. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 19: 290-294 (1987)
7. Park, H., Yang, C.B., Varietal Difference in Amino Acid Composition of Polished Barley. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 8: 129-135 (1976)
8. Cheigh, H.S., Lee, N.S., Kwon, T.W., Some Nutritional Composition of Barley Flours. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 8: 260-262 (1976)
9. Lee, J.S., Kim, S.K., Kim, C.S., Cho, M.H., Contents of Minerals and Amino Acid of Husked and Naked Barley. *Kor. J. Food Sci.*

- Technol.* 15: 90-92 (1983)
10. Park, H., Yang, C.B., Varietal Difference in Amino Acid composition of Polished Barley. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 8: 129-135 (1976)
 11. Shin, H.S., Lee, K.H., Lee, S.Y., A Comparative Study on the Lipid Components of Barley and Malt. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 13: 30-36 (1981)
 12. Chun, H.K., Lee, S.R., Lipid Composition of Barley Flour Produced in Korea. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 16: 51-58 (1984)
 13. Lee, W.J., Changes in Dietary Fiber Content of Barley during Pearling and Cooking. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 24: 180-182 (1992)
 14. Choi, H.S., Lee, N.S., Kwon, T.W., Some Nutritional Composition of Barley Flours. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 8: 260-262 (1976)
 15. Lee, J.S., Kim, S.K., Absorption of Water by Husked and Naked Barley. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 15: 220-224 (1983)
 16. Son, J.W., Yum, C.A., Jang, M.S., Kim, S.K., Water Uptake Rate and Degree of Gelatinization During Cooking of Pressed, Cutted and Pearled Barley. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 19: 125-128 (1987)
 17. Eslick, R.F., Hockett, E.A., Kushnak, G.D., Recombination values of four genes on chromosome. 1. *Barley Genetics Newsletter.* 2: 123 (1972)
 18. Donald, E., Carpenter and Darryc, M., Sullivan, Methods of analysis for Nutrition Labeling. AOAC International (1993)
 19. Lee, Y.T., Lee, C.K., Effects of Varietal Variation in barley on β -glucan and Malting Quality Characteristics. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 26: 172-177 (1994)
 20. Kim, H.S., Kang, O.J., Lyu, E.S., Studies on the Preparation of Polished α -Barley I. The Yield and Degree of Gelatinization. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 15: 155-159 (1983)
 21. Kwon, T.W., Ahn, B.Y., Choi, W.S., Cheigh, H.S., Enzymatic Milling Process for Barley Flour Preparation. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 18: 197-203 (1986)
 22. Sohn, J.S., Yum, C.A., Jang, M.S., Kim, S.K., Water Uptake Rate

- and Degree of Gelatinization during Cooking of Pressed, Cutted and Pearled Barley. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 19: 125-128 (1987)
23. Lee, S.Y., Lee, S.K., Kim, K.L., Mechanical properties of Barley Starch Gels. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 18: 215-220 (1986)
 24. Chang, H.G., Park, G.G., Changes in Physicochemical Characteristics of Barley during Kernel Maturation. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 25: 602-607 (1993)
 25. Kang, K.J., Park, Y.K., Cho, I.H., Kim, K., Kim, S.K., Modification of Physicochemical Properties of Naked Barley Starch by Heat-Moisture Treatment. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 19: 97-101 (1987)
 26. Chang, C.M., Oh, Y.T., Yoon, I.H., Barley Noodle Making by Vacuum Press. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 28: 93-97 (1986)
 27. Kim, H.J., Park, S.H., Park, C.H., Studies on the Production of Vineger from Barley. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 17: 350-354 (1985)
 28. Suh, C.S., Chun, J.K., Relationships among the Roasting Conditions. Colors and Extractable Solid content of Roasted Barley. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 13: 334-339 (1981)
 29. Goering, K.J., Eslick, R.F., DeHaas, R.W., Barley starch V. A comparison of the properties of waxy compansa barley with starches of its parents. *Cereal Chem.* 50: 322 (1973)
 30. Bean, M.M., Esser, C.A., Nishitaa, K.D., Some physicochemical and food application characteristics of California waxy rice varieties. *Cereal Chem.* 61: 475 (1984)
 31. Kim, N.S., Seog, H.M., Nam, Y.J., Physicochemical properties of domestic millet starches. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 19: 245 (1987)
 32. Kim, H.S., Kang, O.J., Yoon, K.S., Physicochemical properties of waxy rice starches prepared from three different cultivars. *Kor. J. Agric. Chem. Soc.* 26: 211-216 (1983)
 33. Jeoung, I.H., The Physicochemical properties and cooking qualities in barley, *Hordeum vulgare* L. Master Thesis, Kyungwon University (1994)

34. Prentice, N., Babler, S., Faben, S., Enzymic analysis β -D-glucans in Cereal. *Cereal Chem.* 57: 198 (1980)
35. Hwang, J.K., Kang, M.H., Park, K.K., Park, K.Y., Bak, N.I., Jung, W.Y., Lim, B.W., Ha, T.Y., Food function research method. Hyoil. Co. (2002)
36. Fuleki, T., Francis, F.T., Quantitative methods for anthocyanins, 1. Extraction and determination of total anthocyanin in cranberries. *J. Food Sci.* 33: 72-77 (1968)
37. Jackman, R.L., Yada, R.Y., Tung, M.A., Separation and chemical properties of anthocyanins used for their qualitative and quantitative analysis. A review. *J. Food Biochem.* 11: 279-308 (1987)
38. AOAC, Official Methods of Analysis of the A.O.A.C, 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C. USA (1990)
39. Kang, M.H., Park, C.G., Cha, M.S., Seong, E.S., Chung, H.K., Lee, J.B., Component characteristics of each extract prepared by different extract methods from by-products of *glycrrhizia uralensis*. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 30: 138-142 (2001)
40. Marklund, S., Marklund, G., Involvement of superoxide anion radical in the oxidation of pyrogallol and convenient assay for superoxide dismmutase. *Eur. J. Biochem.* 47: 469-474 (1974)
41. Tsuda, T., Oshinori, Y.F., Katsumi, O., Yamamoto, A., Kawakishi, S., Osawa, T., Antioxidative activity of tamarined extract prepared from the seed coat. *Nippon Shokuhin Kaishi* 42: 430-435 (1995)
42. Chung, S.K., Hydroxyl radical-scavenging effects of spices and scavengers from brown mustard. *Biosci. Biotech. Biochem.* 61: 118-123 (1997)
43. Muller, H.E., Detection of hydrogen peroxide produced by microorganisms on an ABTS-peroxidase midium. *Zentralbl Bakteriol. Microbio. Hyg.* 259: 151-155 (1985)
44. Fennenma, Owen, R., Food chemistry. Dekker, New York (1985)

45. Oh, H.J., Lee, S.R., Physiological function in vitro of β -glucan isolated from barley. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 28: 689-695 (1996)
46. Williams, P.C., Kuzina, F.D., Hyltnka, I., A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem.* 47: 411-419 (1970)
47. Medcalf, D.G., Gilles, K.A., Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.* 42: 558-568 (1965)
48. Becker, H.S., On the absorption of lipid water by the wheat kernel. *Cereal Chem.* 36: 534-544 (1960)
49. Schoch, T.J., Swelling power and solubility of granules starches. In *Methods in Carbohydrate Chemistry*. Academic Press, New York. Vol IV, 106-108 (1964)
50. Leach, H.W., McCowen, L.D., Schoch, T.J., Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chem.* 36: 534-544 (1959)
51. Owusu-Ansah, J., van de Voort, F.R., Stanley, D.W., Determination of starch gelatinization by X-ray diffractometry. *Cereal Chem.* 59: 167-171 (1982)
52. Kim, D.H., Food Chemistry. Simgudang Co., 71-79 (1998)
53. Kim, K.S., Kim, S.D., Suh, K.I., Shin, S.Y., Yoon, K.S., Cho, Y.S., Food Chemistry. Hakmun Co., 260-261 (2000)
54. Jang, J.K., Han, J.Y., The anthoxidant ability of grape seed extracts. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 34: 524-528 (2002)
55. Chung, H.Y., Yoon, S.J., Anthoxidant activity of grape seed ethanol extract according to serial solvent fractionation. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 31: 1092-1096 (2002)
56. Negro, C., Tommasi, L., Miceli, A., Phenolic compounds and antioxidant activity from red grape marc extracts. *Bioresour. Technol.* 87: 41-44 (2003)
57. Yoo, M.Y., Chung, H.K., Kang, M.H., Optimal extract methods of anthoxidant compounds from coat of grape dreg. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 36: 134-140 (2004)
58. Park, J.M., Joo, K.J., Stability of anthocyanin pigment from juice of

- raspberries. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 11: 67-74 (1982)
59. Murai, K., Wikins, D., Natural red color derived from red cabbage. *Food Technol.* 44: 131 (1990)
 60. Lee, J.W., Lee, H.H., Rhim, J.W., Extraction characteristics of red flower cabbage pigment. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 33: 149-152 (2001)
 61. Oh, S.K., Choi, H.C., Cho, M.Y., Kim, S.U., Extraction method of anthocyanin and tannin pigments in colored rice. *Agric. Chem. Biotechnol.* 39: 327-331 (1996)
 62. Kim, K.S., Lee, J.K., Effects of addition ratio of pigmented rice on the quality characteristics of seolgiddeok. *Kor. J. Soc. Food Sci.* 15: 507-511 (1999)
 63. Rhim, J.W., Kim, S.J., Characteristics and stability of anthocyanin pigment extracted from purple fleshed potato. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 31: 348-355 (1999)
 64. Lee, J.W., Lee, H.H., Rhim, J.H., Cho, J.S., Determination of the conditions for anthocyanin extraction from purple fleshed sweet potato. *Kor. J. Soc. Food Sci. Nutr.* 29: 790-795 (2000)
 65. Lee, L.S., Kim, S.J., Rhim, J.W., Analysis of anthocyanin pigments from purple fleshed sweet potato. *Kor. J. Soc. Food Sci. Nutr.* 29: 555-560 (2000)
 66. Henry, B.S., Natural food colors. 2nd ed. pp. 39-78, In: Natural Food Colorants. Hendry GAF, Houghton JD (eds). Blackie nad Son Ltd., Glasgo, Great Britain (1996)
 67. Lee, H.H., Lee, J.W., Rhim, J.W., Characteristics of anthocyanins from various fruits and vegetables. *Kor. J. Postharvest Sci. Technol.* 7: 285-290 (2000)
 68. Yoon, T.H., Lee, S.W., Stability of anthocyanins in foods. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 11: 63-73 (1979)
 69. Hendry, G.A.F., Natural pigments in biology. 2nd ed. pp. 1-38, In: Natural Food Colorants. Hendry G.A.F, Houghton J.D. (eds). Blackie nad Son Ltd., Glasgo, Great Britain (1992)

70. Mullick, D.B., Faris, D.G., Brink, D.G., Acheson, R., Anthocyanins and anthocyanidins of the barley pericarp and aleurone tissues. *Can. J. Plant Sci.* 38: 445 (1958)
71. McFarlane, W.D., Wye, E., Grant, H.L., Proc. Eur. Brew. Conf., Baden-Baden, 298 (1955)
72. Jende-Strid, B., Mutation affecting flavonoid synthesis in barley. *Carsberg Res. Commun.* 43: 265 (1978)
73. Kang, M.H., Choi, C.S., Kim, Z.S., Chung, H.K., Min, K.S., Park, C.G., Park, H.W., Antioxidative activities of ethanol extract prepared from leaves, seed, branch and aerial part of *Crotalaria sessiflora* L. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 34: 1098-1102 (2002)
74. Ra, K.S., Suh, H.J., Chung, S.H., Son, J.Y., Antioxidative activity of solvent extract onion skin. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 29: 595-600 (1997)
75. Blois, M.S., Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature.* 26: 1199-1204 (1954)
76. Saleem, A., Loponen, J., Pihlaja, K., Oksanen, E., Effects of long term open-field ozone exposure on leaf phenolics of European silver birch (*Betula pendula* Roth). *J. Chem. Ecol.* 27: 1049-1062 (2001)
77. Halliwell, B., Gytteridge, J.M., Role of free radicals and catalytic metal ions in human disease: an overview. *Methods Enzymol.* 186: 1-85 (1990)
78. 美濃眞, 老化, 化學人, 東京
79. The Korean Nutrition Society, Recommended dietary allowances for korean. 7th revision, Chungang Book Co. (2000)
80. Chang, H.G., Jung, I.H., The physicochemical properties and cooking Qualities of Barley. *J. Kor. Soc. Food Nutr.* 23(5): 816-821 (1994)
81. Vitamin information center, Vitamin copies, Dongsin Book Co.: 70-71 (1997)
82. Kum, J.S., Lee, C.H., Bak, K.H., Lee, S.H., Lee, H.Y., Influence of

- cultivar on rice starch and cooking properties. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 27(3): 365-369 (1995)
83. Bor s. Luh, Rice II, Van Nostrand Reinhold, New York: 11-19 (1991)
 84. Villareal, C.P., Maranville, J.W., Juliano, B.O., Nutrient content and retention during milling of brown rice from the International Rice Research Institute. *Cereal Chem.* 68: 437-440 (1991)
 85. Lee, Y.S., Quality characteristics of pigmented rice starch and Yukwa added with pigmented rice, Ph. D. Thesis, Chonnam National University (2002)
 86. Cha, H.S., Kim, M.O., Ku, S.J., A Study on the Thermal Characterization of Barley β -glucan [mixed-linked (1-3),(1-4)- β -D-glucan] by Differential Scanning Calorimetry. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 25: 22-27 (1993)
 87. Marlett, J.A., Dietary fiber content and effect of processing on two barley varieties. *Cereal Foods World.* 36: 576 (1991)
 88. Sandhya Rani, M.R., Bhattacharya, K.R., Microscopy of rice starch granules during cooking. *Starch* 46: 334 (1995)
 89. Lee, H.Y., Kum, J.S., The Effect of the Varieties and Particle Size on the Properties of Rice Flour. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 31: 1542-1548 (1999)
 90. Bhattya, R.S., Physicochemical and functional (breadmaking) properties of hull-less barley fractions. *Cereal Chem.* 63(1): 31 (1986)
 91. Beleia, A., Varriano-Marston, E., Hosenev, R.C., Characteristics of starch from pearl millets. *Cereal Chem.* 57: 300-303 (1980)
 92. Wong, R.B.K., Lelievre, J., Comparison of the crystallinities of wheat starches with different swelling capacities. *Starch* 34: 159-164 (1982)
 93. Zobel, H.F., X-ray analysis of starch granules. in "Methods in Carbohydrate Chemistry"¹⁹, ed. by R.L. Whistler, 4: 109, Academic press, New York, N.Y. (1964)

94. Imberty, A., Perez, S., A revisit to the three-dimensional structure of B-type starch. *Biopolymers*. 27: 1205 (1988)
95. Sarko, A., Wu, H.-C.H., The crystal structures of A-, B-, and C-polymorphs of amylose and starch. *Starch* 30: 73 (1978)
96. French, D., Fine structure of starch and its relationship to the organization of starch granules. *J. Japanese Soc. Starch Sci.* 19: 8-13 (1972)
97. Baek, M.H., Effects of amylose and amylopectin isolated from waxy and nonwaxy rice starches on the retrogradation. Ph. D. Thesis, Chonnam National University (1998)