

계통별 유색보리의 항산화효과

송은승¹ · 박수진¹ · 우나리아¹ · 원미희¹ · 최재성² · 김정곤² · 강명화^{1*}

¹호서대학교 식품영양학과

²호남농업연구소 전작과

Antioxidant Capacity of Colored Barley Extracts by Varieties

Eun Seung Song¹, Soo Jin Park¹, Na-Ri-A Woo¹, Mi Hee Won¹, Jae Seong Choi²,
Jeong Geon Kim² and Myung Hwa Kang^{1*}

¹Dept. of Food Science and Nutrition, Hoseo University, Chungnam 336-795, Korea

²Honam Agricultural Research Institute, Jeonbuk 570-080, Korea

Abstract

This study evaluates the antioxidant capacity of 40 varieties of colored barley and hulled barley. For investigation of the antioxidant capacity as well as the contents of anthocyanin, color intensity, total phenolic acids contents, SOD-like activity, samples were extracted in ethanol with 0.1% TFA. The content of anthocyanin was measured spectrophotometrically. The total phenolic acid content was analyzed by using the Folin-Ciocalteu method, and the color intensity was determined by using the color difference meter. The results showed that in the anthocyanin content and color intensity of colored barley there were significant differences according to their varieties. The resulting concentration levels were divided into three groups: Group I (high), Group II (medium), and Group III (low). In the measurements of antioxidant capacity, significant differences ($p < 0.05$) were found among varieties in those groups. Colored barley was higher in electron-donating capability, SOD-like activity, inhibitory effects on lecithin oxidation, and hydrogen radical-scavenging ability. Meanwhile, from different antioxidant tests, No. 26, 27, 34, and 35 varieties measured high in antioxidation ability fell into Group I high in the anthocyanin content. This results suggest that the anthocyanin content has a significant relationship on antioxidant activity.

Key words: anthocyanin, antioxidative effects, colored barley

서 론

최근 식품의 기능에 관한 소비자들의 관심이 높아짐에 따라 곡류에 있어서도 현미를 비롯하여 유색미와 같은 특수미의 섭취가 크게 증가하여 그 수요가 증가하고 있다. 우리나라에서 재배되는 유색의 곡류로는 유색미, 유색보리와 검정콩이 대표적이며, 유통되고 있는 유색미에는 흑미, 적미 그리고 흑향미의 3가지로 구분되는데 유색미의 색은 다양한 변이를 보이며 백미에 비해 저장성이 강하다고 알려져 있다. 本草綱目에서는 흑미를 개위익중, 자음신보, 건비완간, 명목활혈한다고 소개하였고, 또한 매일 상식하면 인체의 생리 기능을 조절하고 면역기능을 증가시켜 노화방지 및 각종 질병을 예방한다고 구전되고 있다.

Anthocyanin은 자색을 띠는 식물성 식품에 함유된 수용성 천연색소로 포도, 나무딸기 등의 과채류와 유색미 등의 곡류, 자색감자, 자색고구마, 붉은꽃 밀 열매 등에 함유하고, pH에 따라 주황색, 적색, 분홍색, 보라색 및 청색 등 다양한

색상을 나타내며 자연계에 약 300여종이 존재한다(1-13).

McFarlane 등(14)은 유색보리에 cyanidin과 delphinidin을 확인하였고 미확인된 anthocyanin이 있음을 보고하였다. Jende-Strid(15)는 노랑, 청색 또는 검정색의 보리종자에 delphinidin과 cyanidin이, 보라색 종자에는 pelargonidin이 함유되어 있다고 하였다. 또한 유색보리 추출물의 proanthocyanin은 HL60 세포 분화증가효과(16)와 보리발효물의 색소인 Hordeumin이 항돌연변 효과(17)가 있다고 한다.

이와 같이 천연색소가 신체 내에서 생리활성을 나타내는 것이 과학적으로 증명됨에 따라 다양한 작물에서 색소가 진한 계통을 육성하려는 연구와 이 색소들의 생리활성을 증명하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중 유색미와 검정콩의 효능에 대한 연구는 매우 다양하게 이루어지고 있는 반면, 유색보리에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 보리는 예로부터 주식으로서 사용된 대표적인 곡류이며, 쌀이나 밀 등 일반 곡류가 갖지 않은 기능성 영양성분인 β -glucan, hydrocyanic acid 및 arabinoxylan 등을 많이 함유하고 있다

*Corresponding author. E-mail: mhkang@office.hoseo.ac.kr
Phone: 82-41-540-5973. Fax: 82-41-548-0670

(18). 최근 보리의 기능성을 살린 가공식품 소재로 활용이 시도되고 있으며, 국내에서는 기능성식품으로서의 사용가능성을 높이기 위해 목적에서 유색 색소를 함유하는 기능성이 강화된 유색보리 계통을 육성하고 있다.

따라서 본 연구에서는 이를 기능성이 강화된 계통 선발의 기초 자료로 사용하고 유색보리의 항산화효과 및 유용성분을 탐색하고자, 춘추쌀보리, 겉보리를 대조군으로 유색보리 항산화효과를 측정하였다.

재료 및 방법

실험 재료

익산 호남농업연구소에서 제공받은 2003년 수확한 유색보리 40종(Table 1)과 대조군 춘추쌀보리, 겉보리를 실험재료로 사용하였다.

Table 1. The name of 40 varieties of colored barley

No.	No. Varieties
Colored barley 1	HB14877-BG-BSP-7-1-2
Colored barley 2	HB14877-BG-BSP-7-2-3
Colored barley 3	HB14877-BG-BSP-7-3-1
Colored barley 4	HB14855-BG-BSP-4-1-1
Colored barley 5	HB14855-BG-BSP-4-1-3
Colored barley 6	HB14855-BG-BSP-4-2-1
Colored barley 7	HB14854-BG-BSP-2-1-2
Colored barley 8	HB14854-BG-BSP-2-1-3
Colored barley 9	HB14854-BG-BSP-2-2-1
Colored barley 10	HB14747-B-42-1-1-1
Colored barley 11	HB14747-B-42-1-2-1
Colored barley 12	HB14747-B-42-1-2-2
Colored barley 13	HB14747-B-42-1-2-3
Colored barley 14	HB14675-B-44-1-1-3
Colored barley 15	HB14675-B-44-1-2-1
Colored barley 16	HB14675-B-44-1-2-3
Colored barley 17	HB14675-B-44-1-3-1
Colored barley 18	HB14675-B-44-1-3-2
Colored barley 19	HB14666-BSP-144-2-3-1
Colored barley 20	HB14666-BSP-144-2-3-2
Colored barley 21	HB14666-BSP-144-2-3-3
Colored barley 22	HB14647-B-6-1-1-1
Colored barley 23	HB14647-B-6-1-1-2
Colored barley 24	HB14647-B-6-1-1-3
Colored barley 25	HB14647-B-6-1-2-2
Colored barley 26	HB14647-B-6-1-2-3
Colored barley 27	HB14644-B-14-1-1-2
Colored barley 28	HB14644-B-14-1-1-3
Colored barley 29	HB14644-B-14-1-2-2
Colored barley 30	HB14644-B-14-1-2-3
Colored barley 31	HB14644-B-14-1-3-1
Colored barley 32	HB14218-B-53-1-2-1-1
Colored barley 33	HB14218-B-53-1-2-1-2
Colored barley 34	HB14218-B-53-1-2-1-3
Colored barley 35	HB14181-B-7-1-1-2-1
Colored barley 36	HB14181-B-7-1-1-2-3
Colored barley 37	HB14181-B-7-1-1-3-1
Colored barley 38	HB14181-B-7-1-1-3-2
Colored barley 39	HB14181-B-7-1-1-3-3
Colored barley 40	HB14181-B-7-1-2-1-3

Anthocyanin 색소확인 및 함량 측정

계통별 유색보리와 춘추쌀보리 및 겉보리를 마쇄하여 50 mesh로 거른 다음 anthocyanin 색소임을 확인하기 위해 색소의 성질을 이용하여 다양한 용매(0.1 N NaOH, 0.1 N HCl, ether, chloroform)에 반응해 보았고, 0.1% TFA를 용매로 사용하여 3회 반복 추출 후 감압 농축하여 UV 535 nm에서 비색 정량하였다.

유색보리 가루의 색도측정

유색보리의 색도는 색차계(Color difference meter, Model No. CR-300, Minolta Co., Japan)를 이용하여 L(lightness), a(redness), b(yellowness)값을 측정하였으며 표준 평판의 색도는 L: 97.00, a: -0.60, b: 0.74로 백색도(Whiteness Index : WI)는 다음 식에 의해 계산하였다.

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

총 페놀함량

AOAC의 Folin-Denis 법(19)을 일부 변형하여 비색정량하였다. 시료에 Na₂CO₃를 첨가하고 Folin-Ciocalteu 시약을 혼합하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 농도별 quercetin로 표준곡선을 작성하여 계산하였다.

전자공여능 측정

시료에 DPPH 용액을 가하여 517 nm에서 10분간 흡광도 변화를 측정하여 다음과 같이 계산하였다(20).

$$EDA (\%)=100-(A/B \times 100)$$

A: 시료 첨가군

B: 시료 무첨가군

SOD-like 활성

Tris-HCl buffer, pyrogallol, 시료를 혼합하여 25°C방치한 다음 HCl을 첨가한 후 420 nm에서 흡광도를 측정하고 다음식과 같이 계산하여 나타내었다(21).

$$SOD-like activity (\%)=100-(B/A \times 100)$$

A: 시료 첨가군

B: 시료 무첨가군

Radical 소거능 측정

Lecithin 산화 저해활성능은 Tsuda 등(22)의 방법에 의해 측정하였고, hydrogen radical 소거능은 Muller(23)의 방법에 의해 측정하였으며, hydroxy radical 소거능 측정은 Chung(24)의 방법에 의해 측정하였다.

통계처리

유색보리 40계통의 그룹화는 anthocyanin 색소 함량과 유색보리 추출물의 색도 중 a(redness)값을 SAS system의 군집분석 Pro Cluster Ward 방법으로 통계처리하여 3개의 그룹으로 나누어 실험 자료를 분석하였으며, 실험의 결과는 평균치와 표준편차로 나타냈고, 측정된 모든 값들은 SAS

프로그램을 이용하여 ANOVA 분석을 하였으며, Duncan's multiple range test를 이용하여 $\alpha=0.05$ 에서 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

Anthocyanin 색소 확인 및 함량 측정

Anthocyanin계 색소는 알칼리를 가하면 청색으로 변하고, 산을 첨가하면 다시 적색으로 변화되는 가역반응을 하며, 석유계나 ether, chloroform에는 전혀 녹지 않지만 물이나 alcohol에 녹는 특징을 갖는다(25,26). 색소원에 따라 각기 다른 형태의 anthocyanin이 존재하기 때문에 광의 최대 흡수파장이 514 nm에서 538 nm까지 넓은 범위에서 측정될 수 있다(27). 본 실험에서 유색보리, 춘추쌀보리, 겉보리 색

소 추출물을 0.1 N NaOH를 반응시킨 결과 청색으로 변화했고, 다시 0.1 N HCl를 가하였을 때 적색으로 복원되었으며, ether, chloroform에 용해되지 않았다. 이로 미루어 보아 유색보리, 춘추쌀보리와 겉보리의 색소는 anthocyanin계 색소임을 추정할 수 있다.

유색보리 40종 및 대조군의 추출물을 anthocyanin 색소의 최적파장인 535 nm에서 비색정량한 결과(Table 2) anthocyanin 함량의 평균값은 0.485 ± 0.287 이었고, 최고 1.224(유색보리 No. 5)부터 최저 0.113(유색보리 No. 40)까지 계통별로 큰 차이를 보이며, 넓은 범위로 분포되고 있다. 함량 값별로 분포도를 살펴보면, 0.715~1.224 값의 범위 내에는 20%(No. 34, 38, 36, 35, 5, 22, 3, 37), 0.502~0.652 값의 범위를 갖는 계통에 유색보리계통은 17.5%(No. 10, 13, 11, 19, 26, 17, 4)였으며, 0.314~0.499의 값을 갖는 유색보리의 계통은

Table 2. Color values of 40 varieties of colored barley, Chunchu naked barley and hulled barley

No.	Lightness	Redness	Yellowness	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

40%로 No. 33, 6, 30, 9, 8, 31, 25, 24, 7, 23, 20, 14, 18, 32, 28, 21가 있다. 유색보리 40종 중 0.5이상의 높은 흡광도를 갖는 계통은 37.5%, 0.314~0.499 흡광도 범위는 40%, 춘추쌀보리의 흡광도는 0.096, 겉보리의 흡광도는 0.05로 나타나 유색보리에 anthocyanin 함량이 매우 높은 것으로 나타났다.

Ju 등(28)은 유색쌀보리와 유색겉보리를 80% 에탄올로 추출하여 최적파장을 측정된 결과 유색쌀보리의 anthocyanin 최적파장(535 nm)과 일치하였으나 유색겉보리는 최대흡광파장이 350 nm 부근으로 플라보노이드계와 관련된 색소를 함유하고 있어 추출된 색소의 특징은 계통별로 차이를 보였다. 본 실험의 유색보리는 계통별로 anthocyanin 색소함량의 차이를 보였고, 대조군인 춘추쌀보리와 겉보리는 535 nm에서 매우 미비한 흡광도 값을 나타내었다. 이는 Ju 등(28)의 결과를 미루어보아 유색보리 40계통 및 대조군이 함유하는 색소의 특징이 다르게 나타났다. 또한, 유색보리종이 535 nm에서 0.22~0.46의 값을 갖는다고 보고하여, 0.314~0.499의 값에서 40%라는 가장 높은 분포도를 나타낸 본 실험의 결과와 비교하였을 때 유색보리종이 함유한 anthocyanin 색소는 계통별로 다를 수 있으나, 대체적으로 비슷한 함량을 갖고 있는 것으로 나타났다. Kim 등(29)은 유색미의 anthocyanin 색소의 함량은 0.146~0.404라 보고하여, 본 실험에서의 유색보리의 anthocyanin 함량에 비교해 낮은 경향을 보였으나, 색도에서의 차이와 추출 및 실험 방법 등의 차이로 볼 때 Kim 등이 보고한 유색미가 본 실험에서 실행된 유색보리와 비교하여 anthocyanin 함량이 낮다고는 할 수 없을 것이라 사료된다.

유색보리 가루의 색도측정

유색보리 40종과 대조군인 춘추쌀보리, 겉보리의 색도를 측정된 결과는 Table 3과 같다. Lightness 유색보리 No. 16이 78.96으로 가장 높았고, 춘추쌀보리가 63.94로 가장 낮았다. Redness는 유색보리 No. 35가 3.72로 높았고, 유색보리 No. 40이 1.18로 낮게 측정되었다. Yellowness는 유색보리 No. 35가 8.28로 가장 낮게 측정되었고, 춘추쌀보리가 16.73으로 높게 측정되었으며 또한 WI는 75.56으로 유색보리 No. 16가 높게, 춘추쌀보리가 60.13으로 낮게 측정되었다.

Kang 등(30)은 유색미 추출물의 색도와 항산화성의 상관성 연구에서 yellowness는 색소 함량과 부의 상관성이 있고, WI값은 hydroxyl radical 소거능과 정의 상관성이 있다고 설명하여 실제로 육종연구 시 항산화 효과가 큰 계통을 선별할 때 종자의 색차를 측정함으로써 1차적으로 결과를 선별해 낼 수 있다고 보고하였다. 본 연구에서 색도와 항산화성과의 연관성을 유추할 수 있을지 살펴본 결과, 유색보리 40종과 대조군인 춘추쌀보리, 겉보리의 yellowness는 유색보리 No. 3, 34를 제외하고 yellowness가 높을수록 535 nm에서의 흡광도 값이 낮게 측정되었다(Table 2, 3). 또한 WI는 가장 높게 측정된 유색보리 No. 16와 가장 낮게 측정된 춘추쌀보리의 hydroxyl radical 소거능이 각각 43.8%, 44%로 크

Table 3. Absorbance at 535 nm of 40 varieties of colored barley, Chunchu naked barley and hulled barley

No.	Abs	No.	Abs
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

게 차이가 없었고, 70 이상의 WI 값을 갖는 25종의 유색보리 중 7종이(No. 1, 2, 6, 15, 27, 30, 40) 60% 이상의 hydroxyl radical 소거능을 나타냈을 뿐 아니라, 유색보리 중 대부분이 WI값과 정의 상관관계와는 무관한 hydroxyl radical 소거능을 나타내고 있었다(Table 3, 4). 이상의 실험 결과 yellowness와 anthocyanin 색소의 함량은 부의 상관관계로 나타나 Kang 등(30)의 연구결과와 일치하였으나, WI값이 hydroxyl radical 소거능과 정의 상관성을 갖는다는 보고와는 일치하지 않았다.

유색보리 40종의 그룹화

유색보리 가루의 색도 중 적색도와 anthocyanin함량의 결과를 SAS system의 군집분석 Proc Cluster Ward 방법으로 통계 처리하여 유색보리 40종을 3그룹으로 분류한 결과 535 nm에서 흡수가 높았던 계통군이 그룹 I, 흡수가 낮았던 계통군을 그룹 III 그리고, 그룹 II로 색의 짙음과 얼음으로 그룹을 나눌 수 있었다. 그룹 I은 유색보리 No. 3, 4, 5, 22, 26, 27, 34, 35, 36, 38 그룹 II는 유색보리 No. 1, 11, 13, 17, 18, 20, 21, 25, 32, 37 그리고, 그룹 III은 유색보리 No. 2, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 19, 23, 24, 28, 29, 30, 31, 33, 39, 40이었다(Table 4).

유색보리의 페놀 함량 및 항산화 활성

유색보리 및 춘추쌀보리, 겉보리의 총 페놀함량 및 항산화 활성을 측정된 결과는 Table 5와 같다. 유색보리 40계통의 평균 총 페놀 함량은 0.283 ± 0.108 mg/mL, 춘추쌀보리 0.164 ± 0.011 mg/mL, 겉보리 0.240 ± 0.011 mg/mL였다. 유색보리 40계통 중 No. 35, 34, 36, 38은 0.4 mg/mL 이상의 페놀을 함유하고 있었고 다른 계통들에 비교해 유의적으로 높은 함

Table 4. The grouping of 40 varieties of colored barley

Group	No.	%
Group I	Colored barley 3, 4, 5, 22, 26, 27, 34, 35, 36, 38	25
Group II	Colored barley 1, 11, 13, 17, 18, 20, 21, 25, 32, 37	25
Group III	Colored barley 2, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 19, 23, 24, 28, 29, 30, 31, 33, 39, 40	50
Total	40	100

량이었다. 계통 중 40%(No. 22, 33, 31, 19, 23, 9, 20, 32, 12, 29, 24, 26, 27, 28, 16, 25)가 0.192~0.259 mg/mL 범위의 페놀을 함유하는 것으로 나타났다.

유색보리 40계통은 평균 $69.82 \pm 10.21\%$ 의 전자공여능을 나타냈고, 그 중 22.5%(No. 24, 25, 38, 23, 26, 32, 37, 35,

8)가 78.10%이상의 높은 활성을 나타냈고, 대조군인 춘추쌀보리(78.32%)와는 유사한 활성능을 나타냈으나, 걸보리(45.00%)보다 매우 높은 활성이었다. 40계통의 유색보리 중 약 50%에 해당되는 계통에서 95%의 SOD 유사활성을 나타냈었고, 15%(No. 2, 35, 40, 38, 39, 37)을 제외하고는 90%이상의 높은 활성을 나타내 춘추쌀보리(94.94%) 및 걸보리(90.62%)와 비교해 유색보리 중 과반수이상 대조군에 비해 높은 활성이 있는 것으로 나타났다.

Lecithin oxidation 저해능, hydroxyl radical 소거능, hydrogen radical 소거능을 통해 radical 소거능을 측정된 결과, 유색보리 40계통 중 25%(No. 22, 21, 37, 26, 38, 34, 6, 7, 24, 33)가 90% 이상의 lecithin oxidation 저해활성을, 26종이 85%이상의 lecithin oxidation 저해활성을 나타내 대조군인 춘추쌀보리(79.17%)와 걸보리(76.46%)에 비교해 유색보리

Table 5. Antioxidative effects of 40 varieties of colored barley, Chunchu naked barley and hulled barley

No.	Total phenolic acid contents (mg/mL)	Electron donation activity (%)	SOD-like activity (%)	Relative antioxidative effects (%)	Hydroxyl radical scavenging activity (%)	Hydrogen radical scavenging (%)
Colored barley 1	0.36	56.84	91.32	87.21	65.20	50.82
Colored barley 2	0.34	66.16	89.24	87.53	65.00	51.96
Colored barley 3	0.28	68.76	96.46	84.09	26.40	34.79
Colored barley 4	0.27	68.12	96.54	84.67	31.00	34.69
Colored barley 5	0.41	40.57	96.76	89.45	53.40	39.20
Colored barley 6	0.30	64.05	91.38	90.51	64.20	45.82
Colored barley 7	0.40	62.60	91.78	90.51	61.60	46.39
Colored barley 8	0.30	78.10	94.01	89.15	63.20	49.31
Colored barley 9	0.23	74.04	91.76	88.19	64.40	46.06
Colored barley 10	0.27	74.77	95.44	82.77	50.00	35.76
Colored barley 11	0.33	48.09	96.67	83.92	48.80	34.23
Colored barley 12	0.22	46.18	95.67	78.42	49.00	37.51
Colored barley 13	0.30	72.21	95.74	80.08	53.20	34.95
Colored barley 14	0.14	67.08	96.11	83.30	50.40	35.83
Colored barley 15	0.12	69.25	92.55	84.95	64.80	46.32
Colored barley 16	0.19	63.21	95.33	87.59	43.80	30.98
Colored barley 17	0.34	60.85	95.84	89.72	50.00	33.54
Colored barley 18	0.27	50.82	96.24	88.79	49.40	31.84
Colored barley 19	0.24	71.08	96.26	89.10	61.80	33.59
Colored barley 20	0.23	71.80	95.60	76.40	54.20	36.06
Colored barley 21	0.28	70.94	96.76	93.84	34.40	34.49
Colored barley 22	0.26	78.76	96.37	94.01	47.80	36.70
Colored barley 23	0.24	79.76	95.22	83.56	48.40	37.93
Colored barley 24	0.19	85.10	94.33	90.36	51.20	39.90
Colored barley 25	0.22	81.70	91.76	83.69	63.60	39.07
Colored barley 26	0.21	79.63	93.78	92.47	58.20	41.79
Colored barley 27	0.21	72.41	91.18	86.46	66.60	41.66
Colored barley 28	0.20	77.49	94.94	84.73	59.00	35.76
Colored barley 29	0.22	77.67	95.76	83.52	58.20	32.58
Colored barley 30	0.26	71.27	95.08	84.67	61.20	37.10
Colored barley 31	0.25	70.47	93.65	86.97	48.00	38.67
Colored barley 32	0.22	79.53	94.57	87.82	55.20	41.61
Colored barley 33	0.25	73.01	95.45	90.23	52.40	39.00
Colored barley 34	0.53	77.73	91.30	90.90	56.60	53.64
Colored barley 35	0.59	78.66	89.18	89.60	55.80	47.68
Colored barley 36	0.48	73.94	92.10	87.97	58.60	43.85
Colored barley 37	0.44	78.92	87.82	93.65	64.60	41.61
Colored barley 38	0.46	79.85	89.08	92.13	64.20	52.02
Colored barley 39	0.14	69.61	88.75	85.05	66.80	46.52
Colored barley 40	0.12	61.64	89.14	89.42	67.20	44.13
Chunchu naked barley	0.16	78.32	94.94	79.17	44.00	40.08
Hulled barley	0.24	45.00	90.62	76.46	40.80	30.18

Table 6. Antioxidative effects of 3 groups of colored barley

Group	No.	Total phenolic acid contents (mg/mL)	Electron donation activity (%)	SOD-like activity (%)	Relative antioxidative effects (%)	Hydroxyl radical scavenging activity (%)	Hydrogen radical scavenging (%)
Group I	Colored barley 3, 4, 5, 22, 26, 27, 34, 35, 36, 38	0.37±0.13 ^{1)a2)}	71.84±11.83 ^b	93.27±3.10	89.18±3.35 ^a	51.86±13.31 ^b	42.60±6.74 ^a
Group II	Colored barley 1, 11, 13, 17, 18, 20, 21, 25, 32, 37	0.29±0.07 ^b	67.17±12.20 ^b	94.23±2.96	86.51±5.58 ^b	53.86±9.31 ^b	37.82±5.56 ^b
Group III	Colored barley 2, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 19, 23, 24, 28, 29, 30, 31, 33, 39, 40	0.21±0.04 ^c	73.71±6.52 ^b	93.86±2.68	86.76±2.78 ^b	57.42±7.10 ^a	38.52±4.30 ^b
Control I	Chunchu naked barley	0.16±0.00 ^d	78.32±0.12 ^a	94.94±0.06	79.17±0.07 ^c	44.00±0.01 ^c	40.08±0.04 ^{ab}
Control II	Hulled barley	0.24±0.00 ^{bc}	45.00±0.02 ^c	90.62±0.05	76.46±0.05 ^c	40.18±0.06 ^c	30.18±0.07 ^c
S.F ³⁾		p<0.0001	p<0.001	p<0.0001	p<0.001	p<0.001	p<0.001

¹⁾Each value is mean±SD of experimental group.

²⁾Different alphabets in each value show statistically difference at $\alpha=0.05$ by Duncan's multiple range test.

³⁾S.F: Significant factor.

종이 높은 lecithin oxidation 저해활성을 나타내었다. Hydroxyl radical 소거능은 계통에 따라 26.40%에서 67.20%까지 상당한 차이를 보였고, 유색보리 계통 중 상위 25%(No. 40, 39, 27, 1, 2, 15, 37, 9, 6, 38)는 67.2~64.2%의 radical 소거능을, 25%(No. 25, 8, 19, 7, 30, 28, 36, 26, 29, 34)는 56.6~63.6%의 소거능을 나타내었다. 유색보리 40종의 평균 hydrogen radical 소거활성은 40.38±6.20%, 39.0% 이하가 전체 유색보리 계통의 50%를 차지하였고 49.31% 이상을 나타내는 계통은 4계통(10%)으로 상위 4계통의 평균 hydrogen radical 소거활성은 52.11±1.16%이었다.

유색보리 40계통 중 대부분의 계통이 갖는 페놀함량은 0.192~0.259 mg/mL로 유색미에 비해 높은 페놀함량(0.044~0.099 µg/µL)을 보였고(30), 78.10~85.10%의 전자공여능을 띠는 유색보리계통 No. 24, 25, 38, 23, 26, 32, 37, 35, 8을 제외하고는 유색미에 비해 낮은 전자공여능을 나타냈다(31).

Yoo 등(32)은 포도 과피 추출물에서 60% 이하의 비교적 낮은 lecithin oxidation 저해활성이 보인다 하였고, 61%의 hydroxyl radical 소거능, 50%이상의 hydrogen radical 소거활성을 갖는다고 보고하였고, Nam 등(31)은 유색미추출물에서 hydroxyl radical 소거능을 측정된 결과 계통간에 상당한 차이(2.67~120.4%)를 보인다고 하였다.

유색보리 40계통은 최하 76%의 lecithin oxidation 저해활성을 띄었고, 3가지 radical 소거능 측정결과, 포도 과피보다 높은 활성을 갖고 있었다. 또한 유색미에 비해 평균 및 최대 hydroxyl radical 소거능이 다소 낮은 경향을 보였으나 유색미의 계통 간에도 상당한 차이가 나타나는 것으로 보아 유색보리 중 활성이 높은 계통을 선별하고, 최적의 추출방법을 통한 항산화 물질 분리로 활성을 측정한다면 더 높은 항산화 활성을 나타낼 것으로 기대되며, 유색보리 계통의 항산화성에 관한 연구 및 항산화물질의 증진을 위한 연구가 포도 및 유색미의 다른 유색물질처럼 다양하게 실시되어진다면, 기능성소재로 활용가능성이 높을 것으로 사료된다.

그룹별 항산화효과

유색보리 3그룹의 그룹별 항산화 효과를 비교해본 결과 (Table 6), 페놀함량은 그룹 I 이 다른 그룹과 대조군에 비해 유의적으로 높았고, 전자공여능은 대조군인 춘추쌀보리가 가장 높아 그룹간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. SOD 유사활성은 모든 군에서 90% 이상의 높은 활성을 보였고, 그룹 I 에서는 다른 군에 비교해 높은 lecithin oxidation 저해활성능을 나타내었다. Hydroxyl radical 소거 능은 그룹 III이, hydrogen radical 소거 능은 그룹 I 이 다른 군에 비교해 높았다.

폴리페놀화합물 중 flavonoid는 1O_2 나 O_2^- 와 반응하여 안정한 complex를 형성하고이를 소거하여 지질과산화물을 방지하기 때문에 이 원리로 인해 페놀함량과 항산화활성은 정의 상관관계를 갖는다고 할 수 있다(33). 본 실험의 결과 일반보리 계통에 비해 페놀함량이 높았던 유색보리 계통이 전자공여능, SOD-like 활성, lecithin oxidation 저해활성능, hydrogen radical 소거능이 높았고, 여러 가지 항산화실험에서 항산화능이 높게 측정되었던 No. 26, 27, 34, 35, 38이 532 nm에서 흡수가 높은 그룹 I 에 포함되어 있었다. 따라서, 색이 진한 계통일수록 항산화능이 높게 나타나 anthocyanin 함량과 항산화효과는 정의 상관관계로 나타났다.

요 약

본 연구에서는 기능성이 강화된 유색보리 계통을 선별하고 유색보리 계통 육성 및 활용에 기초자료로 사용하기 위해 유색보리 40계통과 대조군인 춘추쌀보리, 겉보리를 0.1% TFA를 용매로 사용하여 3회 반복 추출 후 감압 농축 후 anthocyanin 함량, 색도 및 항산화효과를 측정하였다. 유색보리의 anthocyanin 색소함량과 색도를 측정한 결과 계통별로 큰 차이를 보였고, 색의 짙음과 열음으로 그룹 I, 그룹 II, 그룹

III을 나눌 수 있었다. 계통별로 항산화효과에서도 상당한 차이가 있었으나, 페놀함량이 높았던 유색보리 계통이 전자공여능, SOD-like 활성, lecithin 산화 저해활성능, hydrogen radical 소거능이 높음을 알 수 있었으며, 여러 가지 항산화실험에서 항산화능이 높게 측정되었던 No. 26, 27, 34, 35, 38이 anthocyanin을 함량이 높은 그룹 I에 포함되어 있어 anthocyanin을 함량과 항산화효과는 정의 상관관계로 나타났다. 따라서, 다른 유색 함유 작물처럼 색깔이 진한 유색보리 품종이 개발되어 다양한 생리활성이 입증된다면 새로운 기능성 식품소재로 활용가능성이 높을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구의 수행은 2002년부터 2005년까지 농림부 ARPC 연구비 지원에 의해서 수행된 연구 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

문헌

- Jang JK, Han JY. 2002. The antioxidant ability of grape seed extracts. *Korean J Food Sci Technol* 34: 524-528.
- Chung HY, Yoon SJ. 2002. Antioxidant activity of grape seed ethanol extract according to serial solvent fractionation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 1092-1096.
- Negro C, Tommasi L, Miceli A. 2003. Phenolic compounds and antioxidant activity from red grape marc extracts. *Bioresour Technol* 87: 41-44.
- Yoo MY, Chung HK, Kang MH. 2004. Optimal extract methods of antioxidant compounds from coat of grape dreg. *Korean J Food Sci Technol* 36: 134-140.
- Park JM, Joo KJ. 1982. Stability of anthocyanin pigment from juice of raspberries. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 11: 67-74.
- Chigurupati N, Saiki L, Gayser D Jr, Dash AK. 2002. Evaluation of red cabbage dye as a potential natural color for pharmaceutical use. *Int J Pharm* 25: 293-299.
- Lee JW, Lee HH, Rhim JW. 2001. Extraction characteristics of red flower cabbage pigment. *Korean J Food Sci Technol* 33: 149-152.
- Oh SK, Choi HC, Cho MY, Kim SU. 1996. Extraction method of anthocyanin and tannin pigments in colored rice. *Agric Chem Biotech* 39: 327-331.
- Kim KS, Lee JK. 1999. Effects of addition ratio of pigmented rice on the quality characteristics of seolgideok. *Korean J Soc Food Sci* 15: 507-511.
- Rhim JW, Kim SJ. 1999. Characteristics and stability of anthocyanin pigment extracted from purple fleshed potato. *Korean J Food Sci Technol* 31: 348-355.
- Lee JW, Lee HH, Rhim JH, Cho JS. 2000. Determination of the conditions for anthocyanin extraction from purple fleshed sweet potato. *Korean J Soc Food Sci Nutr* 29: 790-795.
- Lee LS, Kim SJ, Rhim JW. 2000. Analysis of anthocyanin pigments from purple fleshed sweet potato. *Korean J Soc Food Sci Nutr* 29: 555-560.
- Henry BS. 1996. Natural food colors. In *Natural Food Colorants*. 2nd ed. Hendry GAF, Houghton JD, eds. Blackie and Son Ltd., Glasgo, Great Britain. p 39-78.
- McFarlane WD, Wye E, Grant HL. 1955. European Brewery Cone. Proc 5th Congr., Baden-Baden. p 298.
- Jende-Strid B. 1978. Mutation affecting flavonoid synthesis in barley, Carsberg Res. *Commun* 43: 265-273.
- Tamagawa K, Fukushima S, Kobori M, Shinmoto H, Tushida T. 1998. Proanthocyanidins from barley bran potentiate retinoic acid-induced granulocytic and sodium butyrate-induced monocytic differentiation of HL60 cells. *Biosci Biotechnol Biochem* 62: 1483-1487.
- Deguchi T, Yoshimoto M, Ohba R, Ueda S. 2000. Antimutagenicity of the purple pigment, Hordeumin, from uncooked barley bran-fermented broth. *Biosci Biotechnol Biochem* 64: 414-416.
- Ryu SN. 2000. Recent process and future of research on anthocyanin in crops (I. Rice, Barley, Wheat, Maize and Legumes). *Korean J Intl Agric* 12: 41-53.
- AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Association of official analytical chemists, Washington DC, USA.
- Kang MH, Park CG, Cha MS, Seong ES, Chung HK, Lee JB. 2001. Component characteristics of each extract prepared by different extract methods from by-products of glycyrrhiza uralensis. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 138-142.
- Marklund S, Marklund G. 1974. Involvement of superoxide anion radical in the oxidation of pyrogallol and convenient assay for superoxide dismutase. *Eur J Biochem* 47: 467-474.
- Tsuda T, Oshinori YF, Katsumi O, Yamamoto A, Kawakishi S, Osawa T. 1995. Antioxidative activity of tamarind extract prepared from the seed coat. *Nippon Shokuhin Kaishi* 42: 430-435.
- Muller HE. 1985. Detection of hydrogen peroxide produced by microorganisms on an ABTS-peroxidase medium. *Zentralbl Bakteriol Mikrobiol Hyg* 259: 151-155.
- Chung SK. 1997. Hydroxyl radical-scavenging effects of spices and scavengers from brown mustard. *Biosci Biotechnol Biochem* 61: 118-123.
- Kim DH. 1998. *Food Chemistry*. Simgudang Co., Seoul. p 71-79.
- Kim KS, Kim SD, Suh KI, Shin SY, Yoon KS, Cho YS. 2000. *Food Chemistry*. Hakmun Co., Seoul. p 260-261.
- Lee HH, Lee JW, Rhim JW. 2000. Characteristics of anthocyanins from various fruits and vegetables. *Korean J Postharvest Sci Technol* 7: 285-290.
- Ju WT, Min KS, Park RD. 2003. Characteristics of the pigments extracted from grains of colored barley. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 46: 338-343.
- Kim YD, Ha KY, Lee KB, Shin HT, Cho SY. 1998. Varietal variation of anthocyanin content and physicochemical properties in colored rice. *Korean J Breed* 30: 305-308.
- Kang MY, Shin SY, Nam SH. 2003. Correlation of antioxidant and antimutagenic activity with content of pigments and phenolic compounds of colored rice seeds. *Korean Food Sci Technol* 35: 968-974.
- Nam SH, Chang SM, Kang MY. 2003. Varietal difference in antioxidative activity of ethanolic extracts from colored rice bran. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 46: 16-22.
- Yoo MY, Chung HK, Kang MH. 2004. Optimal extract methods of antioxidant compounds from coat of grape dreg. *Korean J Food Sci Technol* 36: 134-140.
- Ra KS, Suh HJ, Chung SH, Son JY. 1997. Antioxidative activity of solvent extract onion skin. *Korean J Food Sci Technol* 29: 595-600.

(2005년 9월 13일 접수; 2005년 11월 25일 채택)