

쌀 가공식품 제조용 소재로서의 도정 부산물 활용 방안 (I) - 흑미 미강 색소 분획의 쌀 배아 산패 억제 효과 -

조민경¹ · 김성홍² · 강미영^{1*}

¹경북대학교 식품영양학과, ²한국기초과학지원연구원 대구센터

Application of Rice Polishing By-products to Processed Rice Food (I) - Antioxidative Effect of Black Rice Bran Pigment Fraction on Rice Embryo Lipid Oxidation -

Min Kyung Cho¹, Sung Hong Kim² and Mi Young Kang^{1*}

¹Dept. of Food Science and Nutrition, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea
²Analysis Research Division, Daegu Center, Korea Basic Science Institute, Daegu 702-701, Korea

Abstract

This study examined the physicochemical properties of rice embryo in order to investigate the antioxidative effect of black rice bran pigment fraction on rice embryo lipid oxidation. Color stability of rice bran pigment fraction and acid value of added rice embryo were determined at various conditions of pH, temperature, and storage time. Rice embryo contained more crude protein (22.1%) compared to the rice bran (9.4%). However, rice embryo had a higher lipid content than rice bran, causing lipid oxidation during storage. Pigment fraction were relatively stable in acidic pH of 3.0 stored at 4°C for 9 days. Rice embryo showed increased acid value with increased storage time and temperature. Furthermore, rice embryo with pigment fraction resulted in lower acid value compared to the control group. Therefore, addition of black rice bran pigment fractions to rice embryo improved storage capacity.

Key words : Acid value, black rice bran, lipid stability, rice embryo.

서 론

우리의 주식인 쌀에는 tocopherol, tocotrienol, γ -oryzanol 및 피틴산 등의 항산화 성분(Muramoto & Kawamura 1991, Park *et al* 2003, Serbinova & Packer 1994, Okada & Yamaguchi 1983)을 비롯하여 식이섬유와 γ -aminobutyric acid 등 다양한 생리활성 성분이 함유되어 있으며, 이들 성분의 대부분은 쌀의 배아, 호분층 및 과피를 포함하는 미강층에 분포되어 있다(Kim *et al* 2004, Nam *et al* 2006). 그러나 실제로 쌀의 재배 및 도정 공정상 청결한 상태의 미강 회수가 곤란하여 사료나 비료로 사용되고 있는 실정이나, 미곡 종합처리장과의 협력으로 청결한 미강을 얻을 수 있다면 미강에 함유되어 있는 여러 생리활성 물질들을 분리하여 기능성 건강식품 및 부재료로서의 활용이 가능할 것이다.

일반적으로 미강은 지질 함량이 높으며, 도정 후 lipase나 lipoxydase의 작용으로 지방질의 가수 분해와 산패가 급격히

일어나 이에 의한 열화가 생기므로 식품 소재로의 활용을 위해서는 산패 방지를 위한 적절한 조치가 필요하다(Luh *et al* 1991). 미강에 함유되어 있는 지방은 불포화도가 높아 영양학적 측면에서는 유용한 지방이지만 공기와의 접촉에 의해 지방의 자동산화가 촉진되어 냄새 및 색에 나쁜 영향을 미쳐 품질 저하를 유발한다(Hwang & Jung 1996). 이러한 미강의 지방 산패를 방지하기 위한 방법으로 고온 처리에 의한 효소의 불활성화, 방사선 조사법 및 polyphenols에 의한 lipase 작용 억제 방법 등(Hwang & Jung 1996, Raghavendra *et al* 2007)이 이용되고 있다. Hwang & Jung(1996)은 미강에 고온 처리 또는 방사선을 조사하여 저장하면서 수분과 유리 지방산의 함량 및 peroxide value(POV)의 변화를 측정하여 미강 지방의 안전성을 검토하였는데, 90°C에서 2시간 또는 105°C에서 1시간 이상 열처리 하였을 때 유리지방산의 생성이 저하되었으며, 저장 중에 방사선 조사한 미강의 경우 POV가 감소하여 지방 산화가 저하되었다고 보고하였다.

검정약쌀이라 불리우며 시판되고 있는 흑미의 과피에는 항산화 성분으로 cyanidin 3-O- β -D-glucoside 및 peonidine

* Corresponding author : Mi Young Kang, Tel : +82-53-950-6235, Fax : +82-53-950-6229 E-mail : mykang@knu.ac.kr

3-O-β-D-glucoside 등의 색소 성분이 함유되어 있다(Choi *et al* 1994, Tsuda *et al* 1994). 본 연구자들은 이전의 연구에서 흑미 에탄올 추출물(Kang *et al* 1996, Nam & Kang 1997)이나 색소 분획(Choi *et al* 1996)의 항산화 효과와 발암 및 염증 억제 활성 등이 백미보다 우수함을 보고한 바 있다(Nam & Kang 1998). 이에 본 연구자들은 흑미의 배아와 과피 및 호분층을 분리하여 사용하는 편이 타당하다고 사료되어 이들을 분리 활용한 다양한 쌀 가공제품에 대한 연구를 진행하고 있다(Kim *et al* 2007, Kim *et al* 2006). 영양 성분 및 기능성 성분이 다량 함유되어 있는 쌀 배아를 떡 제조시의 부재료인 고물이나 소로 사용하거나 식이섬유의 다량 섭취가 가능한 양갱 제조용 소재로 사용하는 방안 등을 검토 중에 있다.

이러한 연구의 일환으로써 본 논문은 쌀 배아의 활용을 위한 기초 연구로 미강으로부터 배아만을 분리·회수하여 배아의 성분 특성을 분석하였다. 또한, 고온에서 산패되기 쉬운 배아의 저장성을 증진시키는 방편으로 흑미 미강 색소 추출물을 첨가하여 배아 색소의 안정성과 배아의 산패에 대한 항산화 효과를 각각 검증하였다.

재료 및 방법

1. 시료

미강(일반계)으로부터 과피와 분리된 배아만을 (주)건양 RPC(김천)로부터 제공받았으며, 색소 추출용 시료로는 시판되고 있는 흑미멥쌀(일반계)과 흑미참쌀(일반계)을 구입하여 사용하였다.

2. 흑미 미강 색소 추출물

흑미멥쌀 및 흑미참쌀의 미강은 CH₂Cl₂로 지질성분을 제거한 후 잔사에 5배의 30% trifluoroacetic acid (TFA, Acros Organics, USA)-70% methanol(Duksan Pure Chemical Co., Korea)을 넣고 30°C에서 SVC(SpeedVac Concentrator, As 260, Savarant Co., USA)를 이용하여 농축, 건조시켰다.

3. 배아의 일반 성분 분석

미강과 배아의 일반 성분으로 조단백질, 조지방, 조회분 및 수분을 A.O.A.C 법(1990)에 따라 분석하였다. 조단백질 함량은 Kjeldahl 법에 의하여 측정하였고, 조지방 정량은 Soxhlet 추출법에 의해 각각 측정하였다. 조회분은 550~600°C의 회화로(HMF-3M, Dae Duck Hi-tech, Korea)에서 5~6시간 회화시킨 후 함량 차를 산출하였으며, 수분함량은 적외선 수분 함량 측정기(FD-240, Kett Co., Japan)를 이용하여 분석하였다.

4. 배아 성분 조성 분석

아미노산 조성은 HPLC(HP 1100 Series, Hewlett-packard, PA, USA)에 의해서 분석하였으며, 지방산은 클로로포름:메탄올(2:1, v/v)을 추출용매로 사용하여 Folch *et al*(1957)의 방법에 의하여 추출하였다. 추출한 지방은 지방산을 methyl ester 화 시킨 후 GC(HP 6890 series, Hewlett-Packard, PA, USA)를 이용하여 분석하였다(Chung *et al* 1991, Nike *et al* 2004). 무기질 성분은 ICP(OPTIMA 3200RL, Perkin Elmer, USA)로 분석하였다.

5. 흑미 미강 색소 추출물의 안정성 측정

흑미 미강 색소 추출물의 pH, 온도 및 저장 기간에 따른 색소의 안정성은 색차계(JS-555, Color Techno System Co., Ltd., Japan)를 사용하여 5회 반복 측정한 평균값을 Hunter 값인 L 값(lightness), a 값(redness) 및 b 값(yellowness)으로 표시하였다.

6. 산가 측정

흑미 미강 색소 추출물과 마쇄 배아를 섞은 후 온도 및 시간 경과에 따른 산패 정도를 산가로 측정하였다. 산가는 AOAC법(1990)에 의해 분석하였다.

7. 통계 분석

각 항목에 따른 실험 결과는 SPSS v. 12.0 (Statistical Package for Social Science Software, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 통계프로그램을 이용하여 처리하였다. 각 데이터는 평균과 표준 편차로 제시되었다. 각 실험군의 평균치간 차이의 유의성은 Student's *t*-test로 검정하였다. 또한 분산분석(one-way analysis of variance)을 실시한 후 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test로 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 흑미멥쌀과 흑미참쌀의 색소 비교

흑미멥쌀과 흑미참쌀의 미강으로부터 색소 분획을 추출하여 색도를 측정한 결과는 Table 1과 같다. 흑미멥쌀이 흑미참쌀에 비해 L 값(명도)은 유의적으로 낮았으며 a 값(적색도)과 b 값(황색도)은 높게 나타났다. 이는 흑미멥쌀에서 안토시아닌 색소의 용출이 더 많이 일어나 자홍색이 강해지면서 전체적으로 어둡게 나타난 것으로 추측된다.

2. 배아의 성분 특성

미강과 미강으로부터 과피를 제거한 배아의 일반 성분을 분석한 결과는 Table 2에 제시하였다. 배아의 조단백질 함량

Table 1. Color parameters of two kind of black rice varieties

| Varieties | Hunter's color value | | |
|--------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|
| | L ¹⁾ | a | b |
| Black non-glutinous rice | 60.4±0.2 ^{2)***} | 40.9±0.2 ^{***3)} | 15.8±0.2 ^{***} |
| Black glutinous rice | 77.4±0.2 | 19.1±0.2 | 7.4±0.2 |

¹⁾ L: degree of lightness(white +100 ↔ 0 black), a: degree of redness (red +100 ↔ -80 green), b: degree of yellowness(yellow +70 ↔ -80 blue).

²⁾ Data expressed as mean±SE.

³⁾ Means between two groups are significantly different *** $p < 0.001$ by Student's *t*-test.

Table 2. Proximate compositions of rice bran and rice embryo (% of total weight)

| Sample | Crude protein | Crude fat | Crude ash | Moisture |
|-------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|
| Rice bran | 9.4±0.1 ^{1)***} | 22.8±0.1 ^{***2)} | 10.0±0.1 ^{***} | 8.6±0.1 ^{***} |
| Rice embryo | 22.1±0.1 | 28.2±0.0 | 8.8±0.1 | 2.6±0.1 |

¹⁾ Data expressed as mean±SE.

²⁾ Means between two groups are significantly different at *** $p < 0.001$ by Student's *t*-test.

은 22.1%, 조지방은 28.2%, 조회분은 8.8% 및 수분은 2.6%인 것으로 나타났다. 배아 중 조단백과 조지방 함량은 미강에 비해 유의적으로 높았다. 이는 Shin & Chung(1998)의 연구에서 쌀겨에서 분리한 쌀눈의 조지방(21.6~28.5%)과 조단백질(18.7~21.9%) 함량이 쌀겨에 비해 높게 나온 것과 유사한 결과이다. 이와 같은 결과로 볼 때 배아는 단백질 함량이 높아 건강 기능성 식품 제조용 신소재로서의 사용 가능성이 있는 반면, 높은 지방질 함량으로 인한 유지의 산패로 저장 중 품질 저하가 유발될 것으로 보인다.

미강과 배아의 아미노산 조성은 Table 3에 나타내었다. 미강에는 glutamic acid가 23.2 mg/100 g, aspartic acid가 16.5 mg/100 g 및 asparagine이 10.7 mg/100 g으로 가장 많이 함유되어 있었으며, 배아에는 glutamic acid가 166.8 mg/100 g, aspartic acid가 108.6 mg/100g 및 arginine이 94.9 mg/100 g 순으로 많이 함유되어 있었다. 배아와 미강 모두 식미치를 향상시키는 glutamic acid와 aspartic acid가 많이 함유되어 있었으며, 유허아미노산인 cystine과 methionine의 함량은 적었다. 따라서 배아가 미강에 비해 필수아미노산이 골고루 많이 분포되어 있어 주요한 아미노산 공급원으로 사용될 수 있을

Table 3. Amino acid composition of rice bran and rice embryo (mg/100g)

| Composition ¹⁾ | Rice bran | Rice embryo | Composition | Rice bran | Rice embryo |
|---------------------------|-------------------|--------------------------|-------------|-----------|--------------------------|
| Cys | 0.0 ²⁾ | 2.3±0.1 ^{***3)} | PRO | 2.5±0.1 | 35.4±0.1 ^{***} |
| ASP | 16.5±0.1 | 108.6±0.1 ^{***} | TYR | 1.3±0.1 | 10.6±0.1 ^{***} |
| GLU | 23.2±0.0 | 166.8±0.1 ^{***} | VAL | 1.5±0.1 | 8.9±0.1 ^{***} |
| ASN | 10.7±0.1 | 63.0±0.1 ^{***} | MET | 0.7±0.1 | 2.5±0.1 ^{***} |
| SER | 3.6±0.1 | 2.3±0.1 ^{***} | ILE | 0.7±0.1 | 8.0±0.1 ^{***} |
| GLY | 2.4±0.1 | 10.8±0.1 ^{***} | LEU | 0.6±0.1 | 5.2±0.0 ^{***} |
| HIS | 2.3±0.1 | 19.1±0.1 ^{***} | PHE | 0.5±0.1 | 3.8±0.1 ^{***} |
| ARG | 5.0±0.1 | 94.9±0.1 ^{***} | LYS | 0.9±0.1 | 11.4±0.1 ^{***} |
| THR | 1.5±0.1 | 10.7±0.1 ^{***} | GLN | 1.5±0.1 | 8.1±0.1 ^{***} |
| ALA | 6.1±0.3 | 51.6±0.1 ^{***} | Total | 82.0±0.1 | 624.0±0.1 ^{***} |

¹⁾ Cys: Cystein, ASP: Aspartic acid, GLU: Glutamic acid, ASN: Asparagine, SER: Serine, GLY: Glycine, HIS: Histidine, ARG: Arginine, THR: Threonine, ALA: Alanine, PRO: Proline, TYR: Tyrosine, VAL: Valine, MET: Methionine, ILE: Isoleucine, LEU: Leucine, PHE: Phenylalanine, LYS: Lysine, GLN: Glutamine

²⁾ Data expressed as mean±SE.

³⁾ Means between two groups are significantly different at *** $p < 0.001$ by Student's *t*-test.

것으로 사료된다.

미강과 배아의 지방산의 조성은 Table 4와 같다. 미강과 배아는 oleic, linoleic 및 palmitic acid가 전체 지방산의 92% 이상을 차지하고 있었으며 그 외에 linolenic acid, stearic acid 및 myristic acid 등의 지방산이 0.5~2%로 소량 함유되어 있었다. 이러한 결과는 Tsuda *et al*(1994)의 연구 결과에서 보고된 미강 및 배아의 지방산 함량과 유사한 분포이다.

배아 회분의 무기질 조성 결과를 보면, 마그네슘(7,486 ppm)과 칼륨(2,055.7 ppm)이 가장 많이 함유되어 있었다(Table 5). 배아가 미강에 비해 마그네슘과 칼륨 함량이 높았으며, 칼슘 함량은 낮게 나타났다.

3. 흑미 색소의 안정성

안토시아닌 색소는 식물체에서 적색, 자색 및 청색을 내는 수용성 색소로 자연에 다양한 종류와 많은 양이 존재하여 적·자색의 천연색소로서 이용가치를 지니고 있으나, 조리, 가공 및 저장 과정에서 불안정하여 이용에 어려움이 있다. 이러한 불안정성은 flavyllium 양이온 구조에 기인하며, pH, 온도, 유기산, 아스코르브산, 당류, 금속이온 및 copigment 등에 의해 영향을 받는다고 알려져 있다(Yoon JM *et al* 1997).

Table 4. Fatty acid composition of rice bran and rice embryo

(peak area %)

| Sample | Fatty acid composition | | | | | | | |
|-------------|------------------------|-------------------------|--------------------|------------------|---------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| | Myristic (C14:0) | Palmitic (C16:0) | Stearic (C18:0) | Oleic (C18:1) | Linoleic (C18:2) | Linolenic (C18:3) | Arachidic (C20:0) | Arachidonic (C20:1) |
| Rice bran | 0.3±0.1 ¹⁾ | 17.7±0.5 ^{*2)} | 1.4±0.2 | 41.9±0.7* | 36.2±0.6* | 1.3±0.1 | 0.6±0.0 ^{***} | 0.4±0.0 |
| Rice embryo | 0.1±0.1 | 21.3±0.3 | 1.3±0.1 | 31.5±1.9 | 39.8±0.3 | 1.6±0.1 | 3.0±0.1 | 0.5±0.1 |

¹⁾ Data expressed as mean±SE.²⁾ Means between two groups are significantly different at * $p < 0.05$, *** $p < 0.001$ by Student's *t*-test.

Table 5. Mineral composition of rice bran and rice embryo (unit: ppm)

| Variety | K | Ca | Mg |
|-------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Rice bran | 82.6±0.2 ^{1)***} | 2,565.5±0.0 ^{***2)} | 1,147.5± 0.0 ^{***} |
| Rice embryo | 2,055.7±12.6 | 677.6±0.5 | 7,486.3±18.9 |

¹⁾ Data expressed as mean±SE.²⁾ Means between two groups are significantly different at *** $p < 0.001$ by Student's *t*-test.

본 연구에서는 천연색소원인 흑미로부터 색소를 추출하여 식품에서의 안전성을 보고자 여러 가지 조건의 pH, 온도 및 저장 기간에 대한 색도를 측정하였으며 그 결과는 Table 6에 나타내었다.

4°C에서는 흑미멥쌀 색소 추출물의 L(명도)값이 저장 직 전에는 pH 3에서 56.7이던 것이 9일 경과 후에는 50.2로 감소하였으며, pH 5에서도 이와 비슷한 경향을 보였다. pH 7인 중성 영역에서는 기간 경과에 따른 유의한 차이가 없었으나, 염기성 상태(pH 9와 pH 11)에서는 저장 후에 유의하게 증가하였다. a 값(적색도)의 경우에는 pH 7까지는 저장 후 수치가 증가하다 그 이후 염기성 상태에서는 유의하게 감소하였다. b 값(황색도)은 저장 기간이 길어질수록 수치가 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 30°C에서 저장 시에는 흑미멥쌀의 L 값(명도), a 값(적색도) 및 b 값(황색도)이 4°C와 유사한 경향을 나타내었다. 따라서 흑미멥쌀에서 추출한 색소는 9일간의 저장 후 본 실험에서 사용된 범위의 저장 온도에 따른 차이는 없었으며, L 값(명도)은 중성 영역에서, a 값(적색도)은 산성에서 안정한 것으로 나타났다.

흑미멥쌀 색소 추출물의 경우, 9일 저장 후에 4°C에서 보관 시 L 값(명도)이 pH 3과 pH 5의 산성 상태에서는 유의한 차이가 없다가 그 후 pH가 증가함에 따라 수치가 증가하였다. a 값(적색도)은 pH 3에서 안정적이다가 중성 부근에서는 감소하였고, pH 11에서는 오히려 증가하였다. b 값(황색도)은 산성 부근에서 감소하다 그 이후 수치가 증가하였다. 30°C에서는 L 값은 산성 부근에서 증가하다가 중성영역에서

감소한 후 다시 증가하는 경향을 보였으며, a 값은 중성 부근까지는 감소하다 그 이후 염기성 상태에서 증가하였다. b 값은 pH 증가에 따라 수치가 높아졌다. 본 연구 결과, 흑미멥쌀 색소 추출물의 색소는 4°C의 온도에서 산성 상태를 유지할 경우 9일간의 저장 후에도 비교적 안정한 것으로 나타났다. 이는 pH가 낮을수록 안토시아닌이 더 안정하다는 Francis FJ(1992)의 보고와 유사한 결과이다.

4. 배아 산패에 대한 흑미 미강 색소 분획의 항산화 효능

배아에 흑미 미강 색소 추출물의 농도를 달리하여 첨가한 후 4°C와 30°C에 저장하면서 1, 15, 30일 간격으로 용매를 추출하여 얻은 유지에 대한 산가를 측정하였으며, 그 결과는 Table 7에 제시하였다. 산가는 유지의 고유 특성은 아니며 유지 분자들의 가수분해에 의해서 형성된 유리 지방산의 척도이다. 미곡 저장 중 품질의 열화를 일으키고 묵은 쌀의 냄새를 생성하는 유리 지방산에 의한 변패의 척도인 지방산도는 저장 온도와 밀접한 관계가 있으며, 저장 중 지질의 산화에 의해 증가한다고 하였다(Moritaka & Yasumatsu 1972). 또한, 저장미의 품질에 가장 큰 영향을 미치는 인자중의 하나가 지방질 가수분해 효소와 자동산화에 의한 각종 가수분해물 및 산화물 증가인데, 결합지질보다는 유리지질의 변화가 더 심하고 n-hexanal 등의 카보닐 화합물에 의해 고미취가 발생한다고 하였다(Kim *et al* 1985).

본 연구 결과 배아는 모두 저장기간이 길어질수록, 저장온도가 높을수록 산패의 기준이 되는 산가가 증가하는 경향을 보였다. Shin & Chung(1998)은 쌀눈, 건조쌀눈 그리고 쌀겨 저장 중 함유 유지의 산가 변화에 대한 연구 결과, 저장 온도가 높아질수록 산가의 상승속도가 빨라졌다고 하여 본 연구 결과와 일치하였다. 4°C 저장 시 흑미멥쌀 미강 색소 추출물을 배아에 5% 첨가하였을 때 무첨가군에 비해 산가가 유의하게 감소하였으나 1% 첨가군과 5% 첨가군 사이에는 유의한 차이가 없었다. 30°C 저장 시에는 저장 기간이 30일로 늘어나면 미강 추출물을 1%만 첨가했을 때에도 무첨가군에 비해 유의하게 산패가 저하됨을 볼 수 있었다. Kim *et al*(2007)

은 옷의 독성 성분인 urushiol을 무독화시킨 옷 추출물을 첨가한 강정의 품질 특성을 조사한 연구에서 강정은 저장 기간이 경과할수록 산가가 증가하였으며, 무독화 옷 추출물 5%

이상 첨가 시 저장 16시간부터 산가의 증가를 억제시켜 지방의 산패를 억제하는 효과가 있었다고 보고하여 본 연구의 흑미 미강 색소 추출물의 결과와 유사하였다.

Table 6. Color parameters of pigment fraction from black rice bran at different pH, temperature, and storage time

| | Black non-glutinous rice | | | | | |
|-------|--------------------------|--------------------------|----------|-------------|-----------|-------------|
| | L | | a | | b | |
| | 0 day | 9 day | 0 day | 9 day | 0 day | 9 day |
| 4°C | | | | | | |
| pH 3 | 56.7±0.1 ¹⁾ | 50.2±0.1 ^{**2)} | 48.0±0.0 | 48.7±0.2 | 22.2±0.1 | 22.4±0.1* |
| pH 5 | 68.5±0.0 | 61.5±0.2* | 18.8±0.0 | 20.9±0.1* | 7.2±0.1 | 10.1±0.0** |
| pH 7 | 64.7±0.0 | 63.4±0.3 | 17.2±0.0 | 18.9±0.0** | 5.6±0.0 | 15.2±0.1** |
| pH 9 | 58.3±0.0 | 67.1±0.3* | 18.5±0.0 | 18.0±0.1* | 4.9±0.0 | 16.8±0.1** |
| pH 11 | 41.8±0.0 | 61.8±0.1* | 22.0±0.0 | 19.4±0.0*** | 4.8±0.0 | 39.8±0.1** |
| 30°C | | | | | | |
| pH 3 | 56.7±0.1 | 53.8±0.3* | 48.0±0.0 | 48.8±0.2 | 22.2±0.1 | 29.3±0.1** |
| pH 5 | 68.5±0.0 | 62.9±0.3* | 18.8±0.0 | 20.2±0.5** | 7.2±0.1 | 22.2±0.1*** |
| pH 7 | 64.7±0.0 | 46.6±0.7* | 17.2±0.0 | 20.5±0.1* | 5.6±0.0 | 29.5±0.1** |
| pH 9 | 58.3±0.0 | 55.6±0.7 | 18.5±0.0 | 22.5±0.1* | 4.9±0.0 | 35.3±0.2** |
| pH 11 | 41.8±0.0 | 62.6±0.1** | 22.0±0.0 | 21.1±0.1* | 4.8±0.0 | 43.8±0.0*** |
| | Black glutinous rice | | | | | |
| | L | | a | | b | |
| | 0 day | 9 day | 0 day | 9 day | 0 day | 9 day |
| 4°C | | | | | | |
| pH 3 | 69.7±0.0 | 69.3±0.4 | 28.4±0.0 | 27.1±0.2 | 10.2±0.1 | 9.0±0.1** |
| pH 5 | 75.2±0.0 | 75.9±0.1 | 10.5±0.0 | 7.8±0.1** | 7.9±0.0 | 6.3±0.1* |
| pH 7 | 73.4±0.0 | 79.4±0.4* | 8.9±0.0 | 6.7±0.1** | 7.4±0.1 | 8.4±0.0** |
| pH 9 | 70.7±0.1 | 72.9±0.1* | 8.9±0.0 | 8.6±0.1* | 6.8±0.0 | 11.6±0.1*** |
| pH 11 | 64.9±0.0 | 66.9±0.5 | 10.2±0.0 | 10.7±0.1* | 7.1±0.0 | 27.0±0.1** |
| 30°C | | | | | | |
| pH 3 | 69.7±0.0 | 74.6±0.2* | 28.4±0.0 | 25.2±0.2* | 10.2±0.12 | 11.8±0.1* |
| pH 5 | 75.2±0.0 | 77.1±0.2* | 10.5±0.0 | 7.0±0.0**** | 7.9±0.0 | 11.5±0.1** |
| pH 7 | 73.4±0.0 | 65.8±0.3 | 9.0±0.0 | 8.3±0.1* | 7.4±0.1 | 17.3±0.0*** |
| pH 9 | 70.7±0.1 | 68.7±0.3 | 8.9±0.0 | 10.5±0.1** | 6.8±0.0 | 22.8±0.1** |
| pH 11 | 64.9±0.0 | 74.7±0.4* | 10.2±0.0 | 10.0±0.1 | 7.1±0.0 | 28.7±0.1*** |

¹⁾ Data expressed as mean±SE.

²⁾ Means between two groups in the same pH and temperature are significantly different at * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$ by Student's *t*-test.

Table 7. Acid values of rice embryo added with pigment fraction at different amount, temperature, and storage time

| Pigment rice bran extract (%) | Black non-glutinous rice | | | Black glutinous rice | | |
|-------------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| | 1 day | 15 day | 30 day | 1 day | 15 day | 30 day |
| 4°C | | | | | | |
| 0 | 5.7±0.3 ^{1)a} | 11.4±0.3 ^{b2)} | 19.2±0.4 ^b | 5.7±0.3 ^a | 11.4±0.3 ^b | 19.2±0.4 ^b |
| 1 | 4.8±0.1 ^a | 10.1±0.2 ^{ab*3)} | 17.9±0.2 ^{ab*} | 5.1±0.1 ^a | 8.7±0.4 ^a | 14.4±0.2 ^a |
| 5 | 3.9±0.3 ^a | 9.5±0.1 ^{a*} | 14.2±0.9 [*] | 3.8±0.3 ^a | 7.3±0.1 ^a | 12.9±0.3 ^a |
| 30°C | | | | | | |
| 0 | 8.6±0.7 ^a | 12.0±0.1 ^b | 18.8±0.2 ^b | 8.6±0.7 ^b | 12.0±0.1 ^b | 18.8±0.2 ^b |
| 1 | 7.8±0.8 ^a | 10.9±0.2 ^{ab} | 13.6±0.0 ^a | 5.6±0.1 ^{ab} | 10.4±0.5 ^{ab} | 15.9±0.6 ^{ab} |
| 5 | 5.7±0.2 ^a | 9.6±0.5 ^a | 13.4±0.1 ^a | 5.1±0.2 ^a | 7.9±0.3 ^a | 12.9±0.8 ^a |

¹⁾ Data expressed as mean±SE.

²⁾ Means with different superscript within the column at same temperature and storage time are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple-range test.

³⁾ Means between black non-glutinous rice and black glutinous rice groups in the same day are significantly different at * $p < 0.05$ by Student's *t*-test.

흑미찹쌀 미강 추출물을 첨가했을 때에도 흑미찹쌀의 경우와 비슷한 경향을 나타내었다. 흑미찹쌀은 저장 1일째에도 저장온도가 30°C로 상승하였을 때 미강 추출물의 첨가에 의해 산가가 감소하였다. 또한, 4°C에서 15일과 30일간 저장 후 미강 추출물 1%와 5% 첨가군에서 흑미찹쌀의 산가가 흑미찹쌀에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 본 연구 결과 배아에 흑미 미강 색소 추출물을 첨가함에 따라 저장에 따른 배아 유지의 산패가 저하되는 효과가 나타났다.

요 약

본 연구는 쌀 배아의 활용을 위한 기초 연구로 배아의 성분 특성을 분석하였으며, 산패되기 쉬운 배아의 저장성을 증진시키는 방편으로 흑미 미강 색소 추출물을 1%와 5%로 첨가하여 색소 안정성과 배아 산패에 대한 항산화 효과를 검증하였다. 배아는 미강에 비해 필수아미노산의 함량이 골고루 많이 분포되어 있어 주요한 아미노산 공급원으로 사용될 수 있는 반면, 지질의 함량이 높아 저장 중 유지의 변패가 우려되었다. 흑미찹쌀 미강 색소 추출물은 4°C의 온도에서 산성 상태를 유지할 경우, 9일간의 저장 후에도 비교적 안정한 것으로 나타났다. 배아는 저장 기간이 길어질수록, 저장 온도가 높을수록 산패의 기준이 되는 산가가 증가하는 경향을 보였다. 또한, 배아에 흑미 미강 색소 추출물을 첨가하였을 때, 첨가량이 증가함에 따라 배아의 산패가 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 흑미 미강 색소 추출물의 배아 유지 산패 저하 효과는 저장 기간이 길수록 더 효과적이었다. 따라서

배아를 이용한 건강 기능성 식품 제조 시에 흑미 미강 색소 추출물을 첨가하게 되면 저장에 따른 배아 유지의 산패를 저하시켜 저장성을 증진시킬 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 경북대학교 2단계 Brain Korea 21 사업 연구 지원으로 수행된 연구결과이므로 이에 감사드립니다.

문 헌

- AOAC (1990) Official Methods Analysis 15th ed. Association of official Analytical Chemists, Washington DC USA.
- Choi SW, Kang WW, Osawa T (1994) Isolation and identification of anthocyanin pigments in black rice. *Food Biotechnol* 3: 131-135.
- Choi SW, Nam SH, Choi HC (1996) Antioxidative activity of ethanolic extracts of rice brans. *Food Biotechnol* 5: 305-309.
- Chung OK, Lorenz KJ, Kulp K (1991) Cereal lipids. In: Handbook of cereal science and technology. Marcel Dekker, New York. pp 497-553.
- Folch J, Lees M, Stanley GHS (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry* 226: 497-509.
- Francis FJ (1992) A new group of food colorants. *Trends in*

- Food Sci Tech* 3: 27.
- Hwang KT, Jung ST (1996) Effect of heat treatment and irradiation on lipid hydrolysis and oxidation of rice bran. *Korean J Food Sci Technol* 28(5): 928-934.
- Kang MY, Choi YH, Nam SH (1996) Inhibitory mechanism of colored rice bran extract against mutagenicity induced by chemical mutagen mitomycin C. *Agri Chem Biotechnol* 39: 424-429.
- Kim JH, Nam SH, Kim MH, Sohn JK, Kang MY (2007) Cooking properties of rice with black rice bran extract. *Korean J Crop Sci* 52(1): 60-68.
- Kim JH, Kim MH, Kang MY (2006) Processibility aptitude of Dobyong with pigmented rice bran extract. *Korean J Food Cookery Sci* 22(6): 898-904.
- Kim KM, Kim TY, Kim MK, Kim HR (2007) Quality properties of Gangjung added with detoxified stem bark of *Rhus verniciflua*(RVSB) extract during acceleration storage. *Korea J Food Sci Technol* 39(4): 425-431.
- Kim SR, Ahn JY, Lee HY, Ha TY (2004) Various properties and phenolic acid contents of rices and rice brans with different milling fractions. *Korean J Food Sci Technol* 36(6): 930-936.
- Kim YB, Han WN, Yoo TJ (1985) Effect of rice weevil and mold on quality of stored rice. *Korean J Food Sci Technol* 17: 399-402.
- Luh BS, Barber B, Bendito BC (1991) Rice bran: chemistry and technology, in rice production 2nd ed. AVI, New York. pp 313.
- Moritaka S, Yasumatsu K (1972) Studies on cereals. X. The effect of sulfhydryl groups on storage deterioration of milled rice. *Elyo To Shokuryo* 25: 59-62.
- Muramoto G, Kawamura S (1991) Rice protein and antihypertensive peptide(angiotensin conversion enzyme inhibitor) from rice. *Nippon Shokuhin Kougyo* 34: 18-26.
- Nam SH, Cho SP, Kang MY, Koh HJ, Kozukue N, Friedman M (2006) Antioxidant activities of bran extracts from twenty one black rice cultivars. *Food Chem* 94: 613-620.
- Nam SH, Kang MY (1998) Comparison of effect of rice bran extracts of the colored rice cultivars on carcinogenesis. *Agri Chem Biotechnol* 41: 78-83.
- Nam SH, Kang MY(1997) *In vitro* inhibitory effect of colored rice bran extracts carcinogenicity. *Agri Chem Biotechnol* 40: 307-312.
- Nike L, Adrien D, Dominique LD, Eric M, Yvan L, Marc M (2004) The oleate/palmitate ratio allows the distinction between whole meals of spelt (*Triticum spelta* L.) and winter wheat (*T. aestivum* L.). *J Cereal Sci* 39: 413-415.
- Okada T, Yamaguchi N (1983) Antioxidant effect and pharmacology of oryzanol. *Yukagaku* 32: 305.
- Park KY, Kang CS, Cho YC, Lee YS, Lee YH, Lee YS (2003) Genotypic difference in tocopherol and tocotrienol contents of rice bran. *Korean J Crop Sci* 48(6): 469-472.
- Raghavendra MP, Kumar PR, Prakash V (2007) Mechanism of inhibition of rice bran lipase by polyphenols: A case study with chlorogenic acid and caffeic acid. *J Food Sci* 72(8): 412-419.
- Serbinova EA, Packer L (1994) Antioxidant properties of α -tocopherol and α -tocotrienol. *Methods Enzymol* 234: 354-366.
- Shin DH, Chung CK (1998) Chemical composition of the rice germ from rice milling and its oil stability during storage. *Korean J Sci Technol* 30: 241-243.
- Tsuda T, Watanabe M, Ohshima K, Norinobu S, Kawakishi S, Choi SW, Osawa T (1994) Antioxidative activity of the anthocyanin pigments cyanidin 3-*O*- β -D-glucoside and cyanidin. *J Agric Food Chem* 42: 2407-2411.
- Yoon JM, Cho MH, Hahn TR, Paik YS, Yoon HH (1997) Physicochemical stability of anthocyanins from a Korean black ricevariety as natural food colorants. *Korean J Food Sci Technol* 29(2): 211-217.

(2008년 4월 5일 접수, 2008년 6월 9일 채택)