The Korean Journal of Culinary Research
Vol. 13, No. 4, pp. 178~185 (2007)

찰흑미를 첨가한 식빵의 항산화성에 관한 연구

김 원 모¶, 이 윤 신*
우송정보대학 외식조리과, *수원여자대학 식품과학부

A Study on Antioxidant Activity of Bread with Waxy Black Rice Flour Added

Weon-Mo Kim¶, Yoon-Shin Lee*
Dept. of Culinary Art, Woosong Information College
**Dept. of Food Science, Suwon Women's College*

Abstract

The antioxidant activities of the bread made from waxy black rice flour(WBRF) and wheat flour were investigated. The waxy black rice bread was manufactured with 10, 20, 30, or 40% waxy black rice flour(w/w). As the additive amount of WBRF were increased, DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl) radical scavenging activity and TEAC(trolox equivalent antioxidant capacity) were also increased. WBRF group showed the higher activity than the control group in DPPH radical scavenging activity and TEAC. The group with 10% WBRF added was not significantly different from the control group in metal chelating activity, but over 20% of addition, it had the higher metal chelating activity than that of the control group.

Key words : waxy black rice, bread, DPPH, TEAC, metal chelating activity.

Ⅰ. 서 론

활성산소는 생체막의 인지질을 과산화 시키고 자유라디칼의 연쇄반응을 진행시켜 세포 노화, 동맥경화, 당뇨병, 암과 같은 질환을 유발하는 것으로 알려져 있다(Choi *et al*. 2003). 활성산소에 대항하는 항산화 성분들은 세포막 지질이나 DNA의 손상을 유발하여 노화, 발암 등의 유해 작용을 하는 활성 산소종 및 유리기의 발생이나 작용을 차단하여 산화적 손상을 예방한다(Nam & Chang 2003).

흑미는 쌀겨층에 자홍색의 색소를 가지고 있는 쌀로 주요 생산지는 중국이나 동남아시아 지역이며, 우리나라의 경우 진도, 해남, 보성 등 일부 지역에서 생산되고 있다(Jung & Lee 2002). 또한, 흑미는 단백질, 식물성 지방, 섬유소, 무기질, 비타민 등 영양 성분이 풍부하고(Defa G & Xu M 1992), 항산화 활성(Nam & Kang 1998; Nam *et al*. 2003)과 항변이원성(Kang *et al*. 1996) 같은 생리 활성 효과가 높다고 알려져 있으며, 항산화 성분으로는 cyanidin 3-O-β-D-glucoside, peonidin 3-O-β-D-glucoside 등이 보고되고 있다(Choi *et al*. 1994; Tsuda *et al*. 1994). 흑미에 많이 함유된 자주색 색소인 안토시아닌은 항산화력이 높고(Joseph *et al*. 2004; Costa 2000) 열에 대한 안정성이 있다고 보고되면서(Yoon *et al*. 1997), 흑미를 제빵에 이용했을 때 항산화성이 보존될 수 있을 것

¶ : 교신저자, 042-626-6269, 1mokim@hanmail.net, 대전 동구 자양동 226-2

이라는 가능성이 제시되었다.

Kang *et al*.(2003)은 각종 유색미를 에탄올로 추출하여 항산화 활성을 측정한 결과 유색미가 DPPH (1,1-Diphenyl-2-picryl-hydrazyl) radical에 대한 전자공여능 활성을 갖고 있음을 확인하였다. Choi *et al*.(2004)는 유색미 색소 추출물이 백혈구가 분비하는 염증 관련 산물인 nitric oxide histamine 및 matrix metalloproteinase 생성에 대한 억제 활성이 일반미보다 우수함을 입증하였다. Choi *et al*. (1994)의 보고에 따르면 백미, 적색미, 흑미의 에탄올 추출물로 항산화 활성을 비교했을 때 흑미가 가장 높은 활성을 나타낸다고 한다. Xia *et al*.(2003)는 흑미 색소가 HDL-cholesterol 증가시키고, 동맥경화 환자에게서 나타나는 anti-OxLDL의 감소와 산화적 스트레스를 개선시키는데 효과가 있다는 결과를 제시하였다.

항산화 효과와 항변이원성 효과가 있다고 알려진 흑미를 제빵에 이용한 연구는 흑미를 첨가하여 제조한 빵의 품질 특성에 관한 연구(Kang & Nam 1999; Jung *et al*. 2002)와 흑미를 첨가하여 빵을 만드는 과정 중 반죽의 발효 정도와 식빵의 품질을 살펴본 연구(Oh *et al*. 2001)가 있다. 그리고 Lim *et al*.(2003)의 흑미를 첨가하여 바케트를 제조한 후 품질 특성을 비교한 연구가 있다. 이 외에 녹차(Cho & Cho 2000)와 흑미(Kim & Park 1998)를 첨가하여 제조한 떡의 품질을 평가한 연구 보고 등이 있다.

위와 같이 기능성을 갖는 성분에 대한 연구나 기능성이 있는 재료를 첨가하여 빵을 제조한 연구 보고는 많으나, 제빵 후에 첨가 재료의 항산화 능력과 같은 기능성이 보존되는가를 연구한 결과는 거의 없다. 따라서 본 실험은 항산화 기능을 갖고 있는 찰흑미를 첨가하여 식빵을 제조하고 항산화력을 측정함으로써 실제 소비자들이 섭취하는 제품에서 항산화 효과를 얼마나 얻을 수 있는지 기초 자료를 제공하고자 한다.

Ⅱ. 재료 및 실험 방법

1. 실험 재료

본 실험에서 사용된 찰흑미는 시중에서 판매하는 경남 함양산 찰흑미(*Oryza sativa* L)를 구입하여 건식 제분하고 60 mesh 체를 통과하여 사용하였으며, 식빵 제조를 위해서는 수분 13.80%, 회분 0.43%, 단백질 12.72%의 강력분(대한제분)과 생이스트(오뚜기), 버터, 설탕, 소금, 탈지분유 등을 사용하였다. 항산화력 분석에 사용된 시약 DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl, D-9132), ferric chloride(F-2877)는 Sigma 제품을 사용하였고, Trolox (23.881-3)는 Aldrich 제품을 사용하였다.

2. 방법

1) 찰흑미의 일반 성분 분석

분말화한 찰흑미의 일반 성분 분석은 AOAC(1990)법으로 분석하였다. 수분 함량은 105℃ 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조회분은 500℃ 회화법, 그리고 조섬유 함량은 Prosky(2001)법으로 total dietary fiber 측정용(Sigma Co., USA) 시약을 사용하여 측정하였다.

2) 찰흑미를 첨가한 식빵의 제조

⑴ 반죽 조성

제빵 재료들의 배합 구성은 〈Table 1〉과 같다. 밀가루의 일부를 찰흑미로 대체할 수 있는 적정량을 결정하기 위해 예비 실험한 결과, 10% 이하에서는 사용량이 적어 의미가 없었으며, 관능적인 부분에서도 찰흑미 첨가에 대해 인정할 수 있는 적정량으로는 부족하였다. 그리고 40% 이상 첨가할 경우 외형적으로 빵으로서의 모양을 갖추지 못하여 첨가군별 차이를 볼 수 있는 10%, 20%, 30%, 40%로 결정하였다. 모든 재료의 배합비는 밀가루 중량의 100% 또는 밀가루와 찰흑미 중량의 합을 100% 기준으로 하여 사용되었다.

<Table 1> **Formula for loaf breads prepared from wheat flours with different amount of waxy black rice flour**

(unit : %)

Ingredients \ Group[1)]	Control	B1	B2	B3	B4
Wheat flour	100	90	80	70	60
Black glutinous rice flour	0	10	20	30	40
Water	60	60	60	60	60
Yeast	4	4	4	4	4
Sugar	6	6	6	6	6
Salt	2	2	2	2	2
Butter	4	4	4	4	4
Skim powdered milk	3	3	3	3	3

1) Control: wheat flour 100%, B1~B4: wheat flour with 10, 20, 30, 40% waxy black rice flour.

⑵ 식빵의 제조 방법

식빵 제조는 직접반죽법(Straight dough method, A.A.C.C. 1983)으로 반죽기(SM 200, Sinmag, Taiwan)를 사용하여 저속 3분, 중속 12분간 반죽을 하고 1차 발효는 온도 27℃, 습도 75%인 발효기(Dae Yung Machinery Co., Korea)에서 60분간 하였다. 1차 발효 후 반죽 450g을 분할하여 둥글리기 한 후 15분 동안 중간 발효하여 성형하고 식빵 팬에 넣은 다음 온도 37℃, 습도 85% 조건에서 40분간 2차 발효를 하였다. 2차 발효 후 위 온도 170℃, 아래 온도 200℃의 오븐에서 30분간 구웠다.

3) 찰흑미를 첨가한 식빵의 항산화력 측정

⑴ DPPH Radical 소거활성 측정

Chen HM *et al*.(1998)의 방법에 따라 95% 에탄올에 녹여 희석한 시료 10ml에 200mM DPPH/ethanol solution 190㎕를 가하여 37℃에서 30min 동안 반응 후 517nm에서 흡광도를 측정하였다.

⑵ TEAC 측정

Re *et al*.(1999)의 방법에 따라 7mM 농도로 ABTS(2, 2'-azino-bis 3'-ethyl benzothiazoline-6-sulfonic acid)를 용해시키고, 여기에 최종 농도가 2.45mM이 되도록 potassium persulfate를 첨가하여 ABTS radical cation(ABTS·+)을 생성시켰다. 이 용액은 상온에서 12시간 동안 어두운 곳에 보관하여 radical을 안정화 시킨 후 734㎛에서 흡광도가 0.7±0.02이 되도록 희석하여 실험에 사용하였다. 희석된 ABTS 용액 990㎕에 시료용액 10㎕를 첨가하고, 상온에서 6분간 흡광도 변화를 측정하여 inhibition %를 구하였다. 이렇게 구하여진 inhibition %는 trolox 표준 용액의 농도와 inhibition %로 나타내는 표준 곡선에 대입하여 시료의 항산화 효과를 trolox 농도로 환산하여 표시하였다.

⑶ Metal Chelating 효과 측정

Son *et al*.(2003)의 방법에 따라 시료 200㎕에 제조한 1.2mM $FeCl_2$ 용액 20㎕를 가하여 약 10초 씩 vortexing하였다. 제조한 2.4mM ferrozine 용액 20㎕를 시료에 가하여 상온에서 10분간 반응시킨 후 96-well plate에 200㎕를 옮겨 담고 562㎛에서 ELISA reader(Tecan, Austria)를 이용하여 흡광도를 측정하였다. 바탕시험은 시료 대신 시료의 용매 75% ethanol을 사용하였고, 1.2mM $FeCl_2$ 대신 증류수 20㎕를 사용하였다.

4) 통계처리

본 연구의 실험 결과는 SAS(Statistical Analysis System) 프로그램을 이용하여 통계 처리하였다. 시료간의 유의적 차이는 분산분석(ANOVA)과 Duncan's multiple range test(p<0.05)로 검정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 찰흑미의 일반 성분 분석

실험에 사용한 찰흑미의 일반 성분을 분석한 결과 〈Table 2〉와 같다. 찰흑미의 수분 함량은 9.6%, 조단백질은 9.7%, 조지방은 2.3%, 조회분은 1.4%, 조섬유는 2.3%, 당질은 74.7%이었다. Kim(1996)은 현미 멥쌀가루와 찹쌀가루를 분석한 결과, 각각 수분 12.11%, 11.97%, 조단백질 7.02%, 7.74%, 회분 1.14%, 1.48%, 조지방 1.76%, 2.58%를 함유하고 있다고 보고하여 찰흑미는 현미 멥쌀보다 조단백질, 회분, 조지방의 함량이 높았으며, 현미 찹쌀에 비해 단백질의 함량이 높았고, 회분 및 조지방의 함량은 유사한 것으로 조사되었다.

2. 찰흑미를 첨가한 식빵의 항산화력

1) DPPH Radical 소거 활성

DPPH(1,1-Diphenyl-2-picryl-hydrazyl) radical 소거 활성은 식품의 항산화력을 측정하는 방법으로서 시료의 측정 결과는 〈Table 3〉과 같다. DPPH는 짙은 자주색을 나타내며, 그 자체가 질소 중심의 radical로서 radical 전자의 비 편재화에 의해 안정화된 상태로 존재한다. 메탄올에 용해된 DPPH는 517nm에서 최대의 흡광도를 나타내며, 시료의 환원력에 의해서 시료 첨가와 함께 흡광도가 감소한다(Oh *et al.* 2004).

〈Table 3〉 DPPH radical scavenging effect of wheat flour bread with different amount of waxy black rice flour

Sample[1)]	DPPH***[2)]
Control	−8.52±3.43[3)e4)]
B1	8.78±2.83[d]
B2	20.39±3.22[c]
B3	29.87±2.50[b]
B4	43.75±2.10[a]

1) Control: wheat flour 100%, B1~B4: wheat flour with 10, 20, 30, 40% waxy black rice flour.
2) Significance as determined by ANOVA test according to age(***p<0.001).
3) Mean±S.D.
4) Means with different letters within a column are significantly different at α=0.05 level as determined by Duncan's multiple range test.

대조구의 DPPH radical 소거활성 값은 −8.52인데 반해 찰흑미 10% 첨가 시료는 8.78, 20% 첨가는 20.39, 30% 첨가는 29.87, 40% 첨가는 43.75로 찰흑미의 첨가량이 증가할수록 대조구에 비해 높은 소거 활성을 나타냈다. Chung & Lee(2003)는 흑미의 butanol 추출물에 대한 DPPH radical 소거 능력이 α-tocopherol보다 2배 이상 높다고 하였다. Kang *et al.*(2003)은 23종류의 유색미에 대한 항산화 활성 실험에서 DPPH radical에 대한 전자공여능이 모든 품종들에서 80% 이상의 높은 활성을 나타낸다고 보고하였다. 그리고 Han *et al.*(2004)는 흑미와 3종의 phenolic compounds의 항산화성을 비교한 연구에서 흑미의 메탄올 추출물이 DPPH radical에 대해 강한 소거 능력이 있다고 하였다.

2) TEAC 함량 측정

〈Table 2〉 Proximate composition of waxy black rice flour

Sample	Proximate composition(%)					
	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude ash	Crude fiber	Carbohydrate
Waxy black rice flour	9.6	9.7	2.3	1.4	2.3	74.7

<Table 4> TEAC of bread prepared from wheat flour with different amount of waxy black rice flour

Group[1)]	TEAC(mg)***[2)]	TEAC(%)***
Control	0 ±0.02[3)c4)]	1.13±0.6[c]
B1	0.40±0.02[b2)]	18.12±0.81[b2)]
B2	0.58±0.13[b]	25.34±5.34[b]
B3	0.95±0.19[a]	40.61±8.06[a]
B4	1.01±0.10[a]	43.01±4.26[a]

1) Control: wheat flour 100%, B1~B4: wheat flour with 10, 20, 30, 40% waxy black rice flour.
2) Significance as determined by ANOVA test according to age(***p<0.001).
3) Mean±S.D.
4) Means with different letters within a column are significantly different at α=0.05 level as determined by Duncan's multiple range test.

<Table 5> Metal chelating effect of bread prepared from wheat flour with different amount of waxy black rice flour

Group[1)]	Metal chelating effect(%)***[2)]
Control	23.08±5.25[3)d4)]
B1	28.47±6.88[cd]
B2	36.59±6.17[c]
B3	53.88±6.05[b]
B4	66.90±7.55[a]

1) Control : wheat flour 100%, B1~B4 : wheat flour with 10, 20, 30, 40% waxy black rice flour.
2) Significance as determined by ANOVA test according to age(***p<0.001).
3) Mean±S.D.
4) Means with different letters within a column are significantly different at α=0.05 level as determined by Duncan's multiple range test.

찰흑미를 첨가한 식빵의 항산화 효과를 trolox의 양과 비교해 본 결과는 〈Table 4〉와 같다. 대조구에 비해 찰흑미를 10% 첨가한 식빵의 경우 0.40mg, 20% 첨가는 0.58mg, 30% 첨가는 0.95mg, 40% 첨가는 1.01mg으로 대조구에 비해 유의적으로 높은 값을 나타냈다.

TEAC(trolox equivalent antioxidant capacity) 측정 방법은 radical의 소거 활성에 대한 항산화력 평가에 많이 응용되는 방법이며(Lien EJ 1999), 이 방법은 항산화 물질에 의해 ABTS 용해 물질이 유도되어 환원되는 것을 trolox와 비교하여 항산화물에 대한 TEAC값을 나타내는 것이다(Berg VDR *et al*. 1999).

3) Metal Chelating 효과

Fe^{2+}과 H_2O_2와의 fenton reaction으로 발생된 hydroxyl radical은 산화에 관여하게 되며(Nam SH *et al*. 2005), metal chelating 효과의 측정은 산화적 요인이 되는 OH 라디칼을 형성하는데 주 역할을 하는 금속이온인 Fe^{2+}, Cu^{2+}를 제거하는 활성을 측정하는 것이다(Fisher & Naughton 2005). 찰흑미를 첨가한 식빵에 대한 metal chelating 효과를 측정한 결과는 〈Table 5〉와 같다.

Metal chelating에 대한 대조구의 값은 23.08%, 찰흑미 10% 첨가 식빵이 28.47%, 20% 첨가 식빵이 36.59%이었고, 찰흑미 30%와 40% 첨가 식빵이 각각 53.88%, 66.90%로 나타났다. 찰흑미 10% 첨가 식빵의 경우 대조구와 유의적으로 차이가 나지 않았으며, 20~40% 첨가 식빵의 경우, 대조구에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 백미와 유색미겨 추출물에 대해 항산화 활성을 비교한 Nam *et al*.(2005)은 Fe^{2+}을 제거하는 metal chelating 활성을 분석한 결과, 유색미추출물이 백미에 비해 높은 항산화 활성이 있다고 보고하였다. 이러한 유색미 재료의 항산화력은 본 연구 결과, 빵을 구운 후에도 지속되는 것을 알 수 있었다.

Ⅳ. 결 론

본 연구는 찰흑미를 10%, 20%, 30%, 40% 첨가하여 제조한 식빵의 항산화력을 평가하기 위하여 DPPH radical 소거 활성, TEAC, metal chelating을 측정하여 비교하였다. 실험에 사용한 찰흑미의 일반 성분 분석 결과, 수분 함량은 9.6%, 조단백질은 9.7%, 조지방은 2.3%, 조회분은 1.4%, 조섬유는 2.3%, 당질은 74.7%이었다. DPPH radical 소거활성과 TEAC는 찰흑미의 첨가량이 증가

할수록 대조구에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 찰흑미 10% 첨가 식빵의 metal chelating 효과는 대조구와 유의적으로 차이가 나지 않았으나, 찰흑미 20~40% 첨가 식빵의 경우 대조구에 비해 유의적으로 높게 나타났다.

본 연구 결과 찰흑미를 첨가하여 식빵을 제조하였을 경우, 대조구에 비해 DPPH radical 소거활성, TEAC, Metal chelating 효과와 관련되는 찰흑미의 항산화력이 제빵 후에도 지속됨을 확인할 수 있었으며, 이러한 유색미의 항산화력을 높이고 제품의 품질 향상을 위하여 녹차와 같은 재료를 찰흑미와 함께 사용하는 방안도 검토해 볼만하다고 사료된다. 이와 같이 재료의 기능성이 제품화 되었을 때도 존재하는지, 어느 정도의 활성을 갖는지에 대한 연구는 앞으로도 필요하다고 여겨진다.

참고문헌

1. A.A.C.C. (1983) : American Association of Cereal Chemists: Approved method of the AACC. Method 10-10A. The Association, St. Paul. Minn. sec.
2. Berg VDR · Haenen GRMM · Berg VRH · Bast A (1999) : Applicability of an improved trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay for evaluation of antioxidant capacity measurements of mixtures. *Food Chem.* 66:511-517.
3. Chen HM · Muramoto K · Yamauchi F · Nokihara K (1998) : Antioxidative properties of Histidine-containing peptides designed from peptide fragments found in the digests of a soybean protein. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 46: 49-53.
4. Cho JA · Cho HJ (2000) : Quality properties of Injulmi made with black rice. *Korean J. Soc. Food Sci.* 16(3):226-231.
5. Choi CS · Song ES · Kim JS · Kang MH (2003) : Antioxidative activities of *Crenata flos*, methanol extracts, *Korean J. Food Sci. Technol.* 53(6):1216-1220.
6. Choi SP · Kang MY · Nam SH (2004) : Inhibitory activity of the extracts from the pigmented rice brans on inflammatory reactions. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* 47(2):222-227.
7. Choi SW · Kang WW · Osawa T (1994) : Isolation and identification of anthocyanin pigments in black rice. *Foods Biotechnol.* (3): 131-135.
8. Choi SW · Kang WW · Osawa T (1994) : Isolation and identification of anthocyanin pigments in black rice. *Foods Biotechnol.* 3(3): 131-135.
9. Choi SW · Kang WW · Osawa T · Kawakishi S (1994) : Antioxidative activity of crysanthemin in black rice hulls. *Foods Biotechnol.* 3(4):233-237.
10. Chung YA · Lee JK (20003) : Antioxidative properties of phenolic compounds extracted from black rice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32(6):948-951.
11. Costa CT · Horton D · Margolis SA (2000) : Analysis of anthocyanins in foods by liquid chromatography, liquid chromatography-mass spectrometry and capillary electrophoresis. *J. Chromato.* 881:403-410.
12. Defa G · Xu M (1992) : A study on special nutrient of purple glutinous rice. *Scientia Agric. Sinica* 25:36-41.
13. Fisher AEO · Naughton DP (2005): Metal ion chelating peptides with superoxide dismutase activity. *Biomedicine & Pharmacotherapy* (59): 158-162.
14. Han SJ · Ryu SN · Kang SS (2004) : A New 2-Arylbenzofuran with antioxidant activity from

the black colored rice bran. *Chem. Pharm. Bull.* 52(11):1365-1366.

15. Joseph M · Awika · Lloyd W · Rooney · Ralph D · Waniska (2004) : Anthocyanins from black sorghum and their antioxidant properties. *Food Chem.* 90:293-301.
16. Jung DS · Lee FZ · Eun JB (2002) : Quality properties of bread made of wheat flour and black rice flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34(2): 232-237.
17. Jung DS · Lee FZ · Eun JB (2002) : Quality properties of bread made of wheat flour and black rice flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34(2):232-237.
18. Kang MY · Choi YH · Nam SH (1996) : Inhibitory mechanism of colored rice bran extract against mutagenicity induced by chemical mutagen mitomycin. *Agric. Chem. Biotechnol.* 39(6): 424-429.
19. Kang MY · Nam YJ (1999) : Studies on breadmaking quality of colored rice flours. *Korean J. Soc. Food Sci.* 15(1):37-41.
20. Kang MY · Shin YS · Nam SH (2003) : Correlation of antioxidant and antimutagenic activity with content of pigments and phenolic compounds of colored rice seeds. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35(5):968-974.
21. Kim HH · Park GS (1998) : The sensory and texture characteristics of Julpyun and Sulgidduk in according to concentrations of green tea powder. *J. East Asian Soc. Dietary Life* 8(4): 454-461.
22. Kim KA (1996) : Physicochemical properties of nonwaxy and waxy brown rice flour. *Korean J. Soc. Food Sci.* 12(4):557-561.
23. Lien EJ · Ren S · Bui HH · Wang R (1999) : Quantitative structure activity relationship analysis of phenolic antioxidants. *Free Radical Biology Medicine* (26):285-294.
24. Lim JK · Park IK · Kim YH · Kim SD (2003) : Effect of pigmented rice on the quality characteristics of baguette. *J. East Asian Soc. Dietary Life* 13(2):130-135.
25. 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(1): 16-22.
26. 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(1): 16-22.
27. Nam SH · Choi SP · Kang MY · Koh HJ (2005) : Kozukue N, Friedman M. Antioxidative nativities of bran extracts from twenty one pigmented rice cultivars. *Food Chem.* 1-8.
28. Nam SH · Kang MY (1998) : Comparison of inhibitory effect of rice bran extracts of the colored rice cultivars on carcinogenesis. *Agric. Chem. Biotechnol.* 41(1):78-83.
29. Oh JH · Kim EH · Kim JL · Moon YI · Kang YH · Kang JS (2004) : Study on antioxidant potency of green tea by DPPH method. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 33(7):1079-1084.
30. Pyler EJ (1979) : Physical and chemical test method. *Baking Sci. and Technol.* Sosland pub. co., Merrian Kansas, 891.
31. Son MH · Park JH · Lee SC (2003) : Antioxidant activity of enzymatic hydrolysates from whelk(*Buccium middendorffi verkuii*) internal organ. *Food Sci. Biotechnol.* 12(6):683-686.
32. 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 cyani-

din. *J. Agric. Food Chem.* 42:2407-2411.

33. Xia M · Ling WH · Ma J · David D. Kitts · Zawistowski J (2003) : Supplementation of diets with the black rice pigment fraction attenuates atherosclerotic plaque formation in apolipoprotein E deficient mice. *J. Nutr.* 133: 744-751.
34. Yoon JM · Cho MH · Hahn TR · Paik YS · Yoon HH (1997) : Physicochemical stability of anthocyanins from a Korean pigmented rice variety as natural food colorants. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29(2):211-217.

2007년 10월 29일 접수
2007년 12월 10일 게재확정