

흑미와 녹차 혼합분을 첨가한 식빵의 항산화성 및 품질 특성

김 원 모[¶], 이 윤 신^{*}

우송정보대학 외식조리과, ^{*}수원여자대학 식품과학부

A Study on the Antioxidant Activity and Quality Characteristics of Pan Bread with Waxy Black Rice Flour and Green Tea Powder

Woen-Mo Kim[¶] and Yoon-Shin Lee^{*}

Dept. of Culinary Art, Woosong Information College

^{}Dept. of Food Science, Suwon Women's College*

Abstract

The antioxidant activity and quality characteristics of bread made from waxy black rice flour(WBRF) and green tea powder were investigated. The bread was manufactured with 1% of green tea powder and 10, 20, 30 or 40% of WBRF(w/w). The group of 40% of WBRF and green tea powder significantly showed the highest bread weight and volume. Lightness(L value) and yellowness(b value) decreased, but redness(a value) increased with increasing WBRF contents in mixture. Hardness, gumminess and chewiness were the lowest in the control group, but springiness was the lowest in the group of 40% of WBRF and 1% of green tea powder. The sensory scores of appearance, external and crumb color, grainy in the group of 40% of WBRF and 1% of green tea powder were the significantly lowest. Overall acceptabilities of the groups of 10% and 30% of WBRF with 1% of green tea powder were not significantly different from the control group. The group of 40% of WBRF and 1% of green tea powder showed the highest DPPH radical scavenging effect and TEAC content. Thus, if the mixture of green tea powder and WBRF would be used, it might be proper to use 1% of green tea powder and 10% of WBRF mixture considering the quality and antioxidant activity of bread.

Key words : waxy black rice, green tea powder, bread, quality characteristics, antioxidant activity.

I. 서 론

현대인들의 식생활이 간편화, 서구화되어감에 따라 제과·제빵 제품의 수요가 증가하여, 가내 수공업의 형태로 시작된 우리나라 제과업계도 질적·양적인 팽창을 거듭하고 있다. 특히 소비자의 기호가 다양화 고급화되면서 이 기호성에 부응하는 신제품의 개발이 제과업계의 경쟁력이 되

고 있다(Baik et al. 2008).

유색미의 일종인 흑미는 쌀겨층에 자홍색의 색소를 가지며, ehanediol, guaiacol과 같은 알코올 성분과 hexadecanoic acid, hexanal, acetic acid와 같은 케톤, 알데하이드 및 유기산에 기인한 향으로 인하여(Rhee et al. 2000) 다양한 형태의 식품으로 가공되어 그 소비가 점차 증가하고 있다.

흑미는 일반 백미와는 달리 현미 상태로 도정

되기 때문에 일반 백미보다 식이섬유, 비타민, 무기질, 불포화지방산, 단백질 등의 영양소 함량이 우수한 것으로 알려져 있으며(Defa G & Xu M 1992), 항종양·항산화 등의 활성과 인체의 종합 조절 기능을 개선하고 면역기능을 강화시켜 노화 방지, 질병 예방, 건위 및 조혈 등에 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(Cho & Cho 2000). 흑미의 색은 안토시아닌계·탄닌계 색소로써 cyanidin 3-glucoside(C3G), cyanidin 3-rhamnoside, malvidin 3-galatoside, peonidin 3-glucoside(P3G) 등이 알려져 있다(Ryu et al. 2003). 기능성 성분 중 C3G는 강력한 항산화 기능 중 oxygen radical absorbance capacity에서 14종의 안토시아닌 가운데 가장 높은 활성을 보였다(Wang et al. 1997; Awika et al. 2004). 최근에는 안토시아닌의 열에 대한 안정성이 있다고 보고되면서(Yoon et al. 1997) 흑미를 제빵에 이용했을 때 항산화성이 보존될 수 있을 것이라는 가능성이 제시되었다(Wang & Mazza 2002).

흑미를 제과제빵 분야에 이용한 연구로는 Jung & Eun(2003)의 흑미 가루를 첨가한 밀가루 반죽의 물리적 특성과 Kang & Nam(1999)의 유색미 가루의 제빵성 검토와 더불어 식빵(Jung et al. 2002, Hwang & Kim 2000), 바게뜨(Lim et al. 2003), 쿠키(Lee & Oh 2006)에 흑미를 첨가한 연구가 있다.

녹차는 차나무(*Camellia sinensis*)의 어린 잎을 이용한 기호 식품으로 오랜 음용의 역사를 갖는다. 녹차에 함유된 catechin, caffeine, theanine 등에는 혈중 콜레스테롤을 감소시킴으로써 혈전의 생성을 억제하고 동맥경화를 예방하며(Muramatsu et al. 1986), 지방의 산화를 방지하는 기능이 있다(Kwon et al. 1993). 이외에도 녹차는 노화를 억제하고(Rhi & Shin 1993), 항균작용과 항독소작용(Park 2000)이 있는 것으로 알려져 있다. 녹차에 함유된 catechins은 항산화 물질로서 radical과 산화물질을 제거하고 금속이온에 대한 chelating 및 산화 활성물질을 억제하는 역할을 한다고 알려져

(Sakakibara et al. 2003) 최근 관심이 급증하고 있다. 녹차에 함유된 탄닌은 Fe^{2+} , Cu^{2+} 같은 금속이온을 chelating하는 능력과 지질이 산화되는 것을 억제하고 OH기를 소거하여 항산화 효과를 보인다(Lopes et al. 1999). 녹차를 제과에 이용한 연구는 녹차를 첨가하여 쿠키를 제조한 후 품질을 살펴본 연구가 있다(Shin & Roh 1999).

본 연구는 항산화성이 높은 기능성 식빵을 제조하고자 흑미와 녹차 혼합분을 사용하여 식빵을 제조하고, 구워진 식빵에 이들 혼합분의 항산화 능력이 잔존하는지, 그리고 제품의 품질 특성은 어떠한지를 조사해 보고자 하였다. 본 연구 결과는 다양한 제빵 신제품을 개발하고자 하는 이들에게 기초자료로 이용 될 수 있을 것으로 기대한다.

II. 재료 및 실험 방법

1. 실험 재료

본 실험에서 사용된 흑미는 시중에서 판매하는 경남 함양산 찰흑미(*Oryza sativa* L.)를 구입하여 건식 제분하고 60 mesh 체를 통과시켜 사용하였으며, 녹차는 시중에서 판매하는 가루 녹차(태평양)를 사용하였다. 식빵 제조를 위해서는 수분 13.80%, 회분 0.43%, 단백질 12.72%의 강력분(대한제분)과 생이스트(오뚜기), 버터, 설탕, 소금, 탈지분유 등을 사용하였다.

2. 방법

1) 녹차와 찰흑미 가루를 첨가한 반죽조성

제빵 재료들의 배합 구성은 <Table 1>과 같다. 녹차 가루 2%를 찰흑미 가루와 함께 첨가하였을 경우, 색이 너무 짙어 관능적 측면에서 식빵의 색으로는 부적당하다고 판단되어 1%를 첨가하기로 결정하였다. 모든 재료의 배합비는 밀가루 100% 또는 밀가루, 흑미, 녹차 가루 중량의 합을 100% 기준으로 하여 사용하였다.

<Table 1> Formulas for loaf breads prepared from wheat flours with green tea powder and different amount of waxy black rice flour(relative percent ratio of flour basis)

Ingredients	Group ¹⁾					
	Control	GB0	GB1	GB2	GB3	GB4
Wheat flour(use for bread)	100	99	89	79	69	59
Green tea powder	0	1	1	1	1	1
Waxy black rice flour	0	0	10	20	30	40
Water	60	60	60	60	60	60
Yeast	4	4	4	4	4	4
Sugar	6	6	6	6	6	6
Salt	2	2	2	2	2	2
Butter	4	4	4	4	4	4
Powdered skim milk	3	3	3	3	3	3

¹⁾ Control: wheat flour 100%, GB0: wheat flour with 1% green tea powder, GB1~GB4: wheat flour with 10, 20, 30, 40% waxy black rice flour and 1% green tea powder.

2) 흑미와 녹차 혼합분을 첨가한 식빵의 제조

식빵의 제조공정은 A.A.C.C.10-10(1983) 방법의 직접반죽법(Straight dough method)을 일부 수정하여 다음과 같이 실험하였다. 반죽기(SM 200, Sinnag, Taiwan)를 사용하여 재료를 섞고 물과 이스트를 넣어 반죽하는데 저속으로 3분간 반죽을 하고 유지를 투입한 다음 중속으로 12분간 반죽을 하여 최종 단계에 이르게 하였다. 1차 발효는 온도 27℃, 습도 75%인 발효기(Dae Yung Machinery Co., Korea)에서 60분간 실시하였다. 1차 발효 후 반죽을 450 g으로 분할하여 둥글리기한 후 15분 동안 중간 발효하여 성형하고, 식빵팬에 넣은 다음 온도 37℃, 습도 85% 조건에서 40분간 2차 발효를 하였다. 2차 발효 후 170/200℃의 오븐에서 30분간 구웠다.

3) 녹차와 찻흑미 가루를 첨가한 식빵의 제빵 특성 측정

(1) 식빵의 무게 및 부피 측정

각 조건에 따라 제조한 식빵의 무게는 빵을 제조한 다음 실온에서 2시간 동안 냉각시켜 무게를 측정하였고, 부피는 좁쌀을 이용한 종자치환법(Kim et al. 2000)으로 3회 측정하였다.

(2) 외형 및 단면 관찰

제조한 식빵을 실온에서 2시간 냉각시킨 후 디지털 카메라를 이용하여 식빵의 외부 형태를 촬영하여 관찰하였고, 1 cm의 두께로 잘라 단면을 촬영하여 식빵의 속 기공과 색의 차이를 관찰하였다.

(3) SEM을 이용한 식빵의 표면구조 관찰

흑미와 녹차 혼합분을 첨가한 각 식빵의 가운데 부분을 잘라(1×1×1 cm) 단면을 전자현미경(Scanning Electron Microscope, Leo 1455VP, Carl Zeiss, Germany)을 이용하여 25배율로 확대하여 측정하였다.

(4) 색도 측정

제조한 식빵의 색도는 식빵 crumb의 단면(3×3 cm)을 1 cm 두께로 slice하고 지퍼팩에 넣어 밀봉한 다음 분광측색계(Color Techno System Co. JX777, Japan)를 이용하여 L(명도), a(적색도), b(황색도)값을 3회 측정하고 평균값을 구하였다(Ryu CH 1999).

(5) 텍스처 측정

제조한 식빵을 실온에서 2시간 식힌 후 Texture

〈Table 2〉 Texture analyzer conditions for measuring textural properties of bread with green tea powder and different amount of waxy black rice flour

Items	Condition
Sample size	30×30×10 mm
Probe	∅ 30 mm diameter sylander
Load cell	5 kg
Deformation	50%
Pre test speed	1.0 mm/s
Test speed	1.0 mm/s
Post test speed	5 mm/s

Analyzer(TA-XT2, Stable Micro Systems Ltd., England)를 이용하여 〈Table 2〉와 같은 조건으로 시료의 견고성(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 겹성(gumminess), 씹힘성(chewiness)을 3회 측정하여 평균값을 구하였다.

(6) 관능검사

관능검사의 시료는 식빵을 제조한 후 2시간 실온에서 냉각시킨 것을 사용하였다. 관능검사는 우송대학교 식품영양학부 학생을 대상으로 빵의 품질 특성과 실험 목적에 대하여 사전 교육을 실시하고 그 중에서 기호도가 비슷한 panel 20명을 선발하여 관능검사를 진행하였으며, 반복 실험은 하지 않았다(A.A.C.C. 1985). 검사의 목적을 설명하고 검사 세부 항목에 대하여 이해를 시킨 후 검사에 응하도록 하였다. 관능검사 시간은 오후 3시로 하였으며, 시료 번호는 난수표를 이용하여 3자리 숫자로 하였다. 평가 내용은 외관(appearance), 빵 겉질 색깔(external color), 빵 속색깔(crumb color), 입자들의 균일도(grainy), 향(flavor), 입안에서의 질감(mouthfeel), 조직감(texture), 맛(taste), 삼키고 난 후의 느낌(residual mouthfeel), 전반적인 기호도(overall acceptability)이었다. 관능평가는 9점 기호 척도법으로 하였으며, 대단히 좋아 한다는 9점, 좋지도 싫지도 않다는 5점, 대단히 싫어 한다는 1점으로 하였다.

3) 식빵의 항산화력 측정

(1) DPPH Radical 소거 활성 측정

Chen et al.(1998)의 방법에 따라 95% 에탄올에 녹여 희석한 시료 10 mL에 200 mM DPPH/ethanol solution 190 μ L를 가하여 37°C에서 30 min 동안 반응 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다.

(2) TEAC 측정

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

4) 통계분석

조사에서 얻어진 모든 자료는 SPSS win 10.0 PC⁺ 통계 program을 활용하여 평균을 구하였으며, 흑미와 녹차 혼합분 첨가량에 따른 차이는 분산분석(ANOVA)과 Duncan's multiple range test ($\alpha=0.05$)로 유의성을 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 흑미와 녹차 혼합분을 첨가한 식빵의 품질 특성

1) 무게 및 부피

흑미와 녹차 혼합분을 첨가한 식빵의 무게 및

〈Table 3〉 Loaf weight and volume of breads prepared from wheat flour with green tea powder and different amount of waxy black rice flour

Sample ¹⁾	Weight(g) ^{***2)}	Volume(mL) ^{***}
Control	382.00±2.00 ^{3)c4)}	2096.67±20.82 ^a
GB0	386.67±1.15 ^b	2090.00±20.00 ^a
GB1	387.33±1.15 ^b	2063.33±25.17 ^a
GB2	390.00±2.00 ^b	2053.33±20.82 ^a
GB3	390.00±2.00 ^b	1810.00±36.06 ^b
GB4	394.00±2.00 ^a	1675.67± 4.04 ^c

¹⁾ Control: wheat flour 100%, GB0: wheat flour with 1% green tea powder, GB1~GB4: wheat flour with 10, 20, 30, 40% waxy black rice flour and 1% green tea powder.

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 $\alpha = 0.05$ level as determined by Duncan's multiple range test.

부피를 측정한 결과는 〈Table 3〉과 같다. 식빵의 무게는 대조구가 382 g으로 녹차와 함께 흑미 가루를 40% 첨가한 군의 식빵은 394 g의 무게를 보여 대조구와 유의적인 차이를 보이고 있으나, 녹차만을 첨가한 군, 녹차와 함께 흑미 가루를 10~30% 첨가한 군 간에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 녹차와 흑미에 함유된 식이섬유에 의한 보습력의 영향으로 제조 과정 중 수분 손실이 적게 발생한 것으로 볼 수 있다.

흑미와 녹차 혼합분 첨가량에 따른 식빵의 부피 변화를 살펴보면, 대조구의 식빵의 부피는 2,096.67 mL로 녹차만을 첨가한 군, 녹차에 흑미 가루를 10~20% 첨가한 군과는 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 녹차와 흑미 가루 30% 이상 첨가한 군에서는 유의적으로 부피가 감소하였다. 이 같은 결과는 흑미와 녹차 혼합분의 첨가량이 증가할수록 밀가루의 양이 감소되어 빵의 형태를 유지해주는 단백질 함량의 부족 때문인 것으로 생각되었다. 식이섬유를 첨가한 빵의 경우 부피가 감소하고 단단해진다고 보고한 Hamid & Luan (2000)의 연구와 같이 현미 상태인 흑미와 녹차에 함유

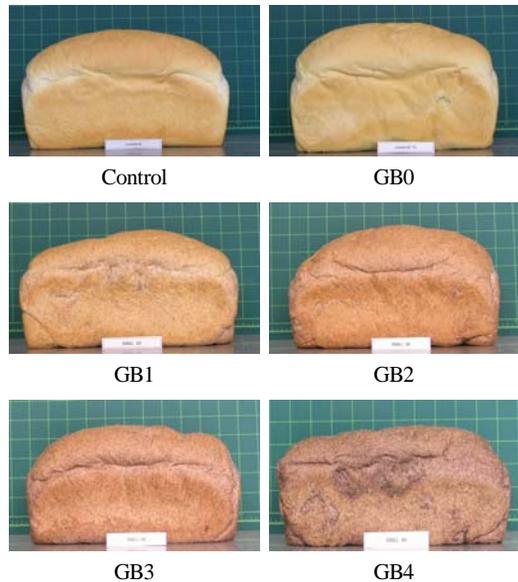
된 식이섬유의 영향으로 이러한 부피 감소가 발생한 것으로 사료된다.

2) 식빵의 외형 및 단면 관찰

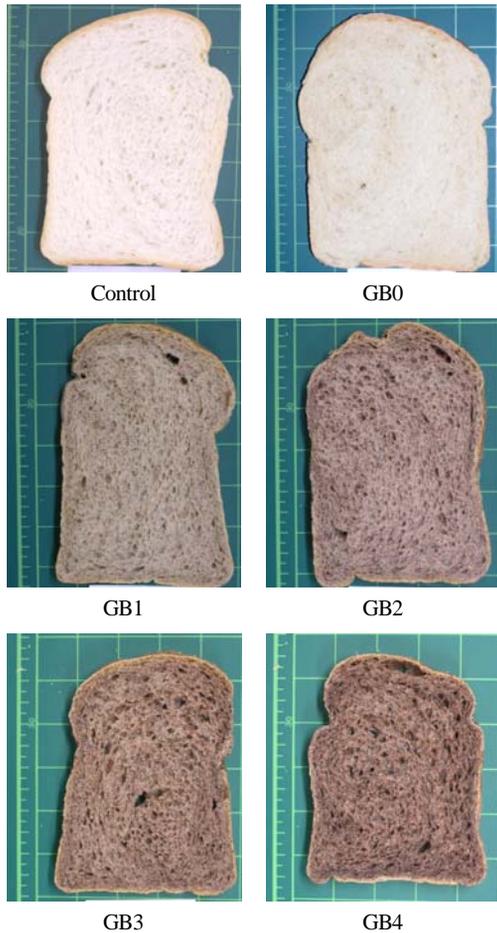
흑미와 녹차 혼합분을 첨가한 식빵의 외형과 단면은 〈Fig 1, 2〉와 같다. 녹차와 함께 첨가한 흑미 가루의 첨가량이 증가할수록 대조구에 비해 부피가 작아지는 것을 볼 수 있으며, 녹차와 함께 흑미 가루를 30와 40% 첨가한 군의 경우 외형이 좋지 않은 결과를 볼 수 있었다. 또한, 흑미와 녹차 혼합분의 첨가량이 증가할수록 식빵의 속 기공이 크고 거칠어지는 것을 관찰할 수 있었다.

3) SEM을 이용한 식빵의 표면구조 관찰

녹차와 함께 찰흑미 가루를 첨가하여 제조한 식빵의 단면을 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, SEM)을 이용하여 관찰한 결과는 〈Fig. 3〉과 같다. 대조구의 표면 구조는 작고 균일한 기

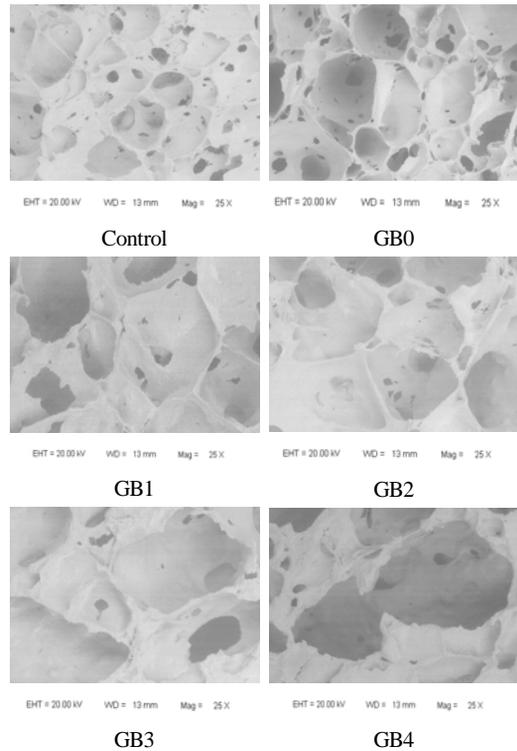


〈Fig. 1〉 Loaf shape of wheat flour bread with green tea powder and different amount of waxy black rice flour. Control: wheat flour 100%, GB0: wheat flour with 1% green tea powder, GB1~GB4: wheat flour with 10, 20, 30, 40% waxy black rice flour and 1% green tea powder.



〈Fig. 2〉 Section of wheat flour bread with green tea powder and different amount of waxy black rice flour. Control: wheat flour 100%, GB0: wheat flour with 1% green tea powder, GB1~GB4: wheat flour with 10, 20, 30, 40% waxy black rice flour and 1% green tea powder.

공이 고르게 분포되어 있는 것을 볼 수 있었다. 녹차만 첨가한 식빵과 녹차와 함께 흑미 가루를 10% 첨가한 식빵의 경우는 대조구와 큰 차이를 보이지 않았다. 녹차와 함께 흑미 가루 20%를 첨가한 식빵의 경우는 기공의 상태가 대체로 균일하며, 형태가 유지되나 기공의 상태가 조금 커진 것을 볼 수 있었다. 녹차와 함께 흑미 가루 30%를 첨가한 식빵의 경우는 기공의 형태가 크고 선명하지 않음을 알 수 있었다. 녹차와 함께 흑미 가루를 40%



〈Fig. 3〉 Scanning electron microphotographs of bread crumb prepared from wheat flour with green tea powder and different amount of waxy black rice flour. Control: wheat flour 100%, GB0: wheat flour with 1% green tea powder, GB1~GB4: wheat flour with 10, 20, 30, 40% waxy black rice flour and 1% green tea powder.

첨가한 식빵의 경우도 기공의 형태가 크고 기공의 형태를 거의 알아 볼 수 없었다. 이와 같은 결과는 글루텐은 탄성과 신장력의 특징으로 인해 빵의 외형과 구조를 형성하여 빵의 품질에 있어서 매우 중요한 역할을 하게 되는데(Gallagher et al. 2003), 녹차와 함께 흑미 가루의 첨가량이 증가할 경우 식빵에 밀가루 함량이 감소되어 기공의 형태를 유지해 주는 글루텐의 부족으로 인해 기본 구조의 형성이 이루어지지 않았기 때문인 것으로 사료된다.

4) 식빵의 색도

흑미와 녹차 혼합분을 첨가한 식빵의 색도 측

〈Table 4〉 Hunter color value of bread crumb prepared from wheat flour with green tea powder and different amount of waxy black rice flour

Sample ¹⁾	Color value		
	L ^{***2)}	a ^{***}	b ^{***}
Control	66.87±1.01 ^{3)ad)}	-2.66±0.22 ^c	8.08±0.59 ^{cd}
GB0	53.81±0.54 ^b	-3.65±0.20 ^f	15.47±1.04 ^a
GB1	45.16±1.88 ^c	1.30±0.30 ^d	9.66±0.09 ^b
GB2	35.27±0.77 ^d	3.86±0.47 ^c	9.01±0.64 ^{bc}
GB3	27.05±1.05 ^e	5.26±0.34 ^b	6.93±0.27 ^d
GB4	16.60±2.54 ^f	7.32±1.06 ^a	6.98±0.72 ^d

¹⁾ Control: wheat flour 100%, GB0: wheat flour with 1% green tea powder, GB1~GB4: wheat flour with 10, 20, 30, 40% waxy black rice flour and 1% green tea powder.

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 $\alpha = 0.05$ level as determined by Duncan's multiple range test.

정 결과는 〈Table 4〉와 같다. 명도를 나타내는 L 값은 대조구가 66.87로 가장 높았고, 녹차만을 첨가한 군은 53.81로 대조구와 유의적인 차이를 보였으며, 녹차와 함께 첨가한 흑미 가루의 혼합 비율이 높아짐에 따라 각 실험구 모두 유의적으로 감소하여 점점 어두워지는 경향을 나타냈다($p < 0.001$). 적색도를 나타내는 a 값은 대조구의 경우 -2.66 이었고 녹차만을 첨가한 군은 -3.65로 적색도가 저하되었으나, 안토시아닌 색소를 가진 흑미 가루의 첨가량이 상승함에 따라 적색도가 유의적으로 증가함을 알 수 있었다. 황색도를 나타내는 b 값은 대조구가 8.08이었고, 녹차만을 첨가한 군이 15.47로 유의적인 차이를 보인 반면 녹차와 함께 흑미를 30%와 40%를 각각 첨가한 군은 10% 첨가한 군보다 유의적으로 낮은 황색도를 보였다.

흑미 가루 첨가량이 증가함에 따라 빵 색의 밝기가 감소하고 적색도가 증가하였다는 보고를 한 Hwang & Kim(2000)의 연구와 같이 흑미 가루를 첨가하여 빵을 만들 경우 흑미에 함유된 안토시아닌 색소에 의해 빵의 내부 색이 짙어지는 결과를 볼 수 있었다.

5) 텍스처 측정

흑미와 녹차 혼합분을 첨가한 식빵의 조직감

특성은 〈Table 5〉와 같다. 경도(hardness)는 대조구가 122.47로 가장 낮게 나타났고, 녹차만 첨가한 식빵은 130.60으로 대조구와 유의적 차이를 보이지 않았으나, 녹차와 함께 흑미를 첨가한 혼합분의 경우 흑미 첨가량이 증가함에 따라 대조구에 비해 유의적으로 높은 경도를 보였다($p < 0.001$).

탄력성(springiness)은 대조구가 0.92로 가장 높게 나타났고 녹차와 함께 첨가한 흑미의 양이 증가할수록 대조구에 비해 유의적으로 낮은 탄력성을 나타내었다($p < 0.001$). 녹차만 첨가한 식빵은 대조구와 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 녹차와 함께 흑미를 20% 이상 첨가한 군보다는 유의적으로 높은 탄력성을 나타내었다. 식빵의 텍스처 특성 중 탄력성은 스펀지 같은 그물망 구조와 기공에 의해 나타나므로 첨가된 녹차와 흑미 가루 혼합분이 식빵의 구조를 약하게 한 것으로 사료된다.

응집성(cohesiveness)은 대조구가 0.59, 녹차만 첨가한 군은 0.60의 결과를 보였으나, 녹차와 흑미 혼합군의 첨가비율이 증가함에 따라 유의적인 차이는 나타내지 않았다.

검성(gumminess)은 대조구가 72.83으로 가장 낮게 나타났고, 녹차만을 첨가한 군은 78.15로 대조구보다 유의적으로 높은 검성을 나타내었다. 혼

〈Table 5〉 Texture of bread crumb prepared from wheat flour with different amount of black glutinous rice flour and green tea powder

Sample ¹⁾	Hardness ^{***2)}	Springiness ^{***}	Cohesiveness	Gumminess ^{***}	Chewiness ^{***}
Control	122.47± 0.45 ³⁾⁴⁾	0.92±0.01 ^a	0.59±0.02	72.83±2.49 ^c	66.99±2.74 ^c
GB0	130.60± 9.63 ^{de}	0.91±0.03 ^{ab}	0.60±0.01	78.15±5.45 ^d	71.08±7.46 ^{bc}
GB1	146.70± 7.65 ^c	0.88±0.01 ^b	0.59±0.00	85.86±4.15 ^{bc}	77.60±1.89 ^b
GB2	139.00± 4.84 ^{cd}	0.84±0.01 ^c	0.58±0.00	81.05±3.21 ^{cd}	67.44±4.93 ^c
GB3	161.53±10.83 ^b	0.83±0.01 ^c	0.57±0.02	92.25±3.70 ^b	76.63±4.37 ^b
GB4	194.40± 3.75 ^a	0.79±0.01 ^d	0.59±0.01	114.47±1.53 ^a	90.49±2.40 ^a

¹⁾ Control: wheat flour 100%, GB0: wheat flour with 1% green tea powder, GB1~GB4: wheat flour with 10, 20, 30, 40% waxy black rice flour and 1% green tea powder.

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 $\alpha=0.05$ level as determined by Duncan's multiple range test.

합분을 사용한 경우에는 녹차와 흑미 40%를 첨가한 군이 114.47, 녹차와 흑미 30%를 첨가한 군이 92.25 순으로 대조구나 녹차만을 첨가한 군보다 높은 검성을 나타내었다($p < 0.001$).

씹힘성(chewiness)은 대조구가 66.99로 가장 낮은 결과를 보였고, 녹차만을 첨가한 군과는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 녹차와 흑미 혼합분을 사용한 군 중에서는 녹차와 더불어 흑미 40%를 사용한 군이 90.49로 가장 높았으며, 녹차와 함께 흑미 20%를 사용한 군이 가장 낮은 씹힘성을 나타내었다($p < 0.001$).

경도는 녹차와 함께 흑미 가루를 10, 20% 첨가하였을 경우 혼합분 첨가군 중에서 가장 낮은 경도를 나타내었으며, 혼합분의 흑미 첨가량이 증가할수록 탄력성은 감소한 반면, 씹힘성, 검성은 증가한 것을 볼 수 있었다. 이러한 결과는 Jung et al.(2002)이 보고한 흑미 가루의 첨가량이 증가할수록 경도와 검성, 씹힘성은 증가하였다는 결과와 일치하였으며, Im & Kim(1999)의 연구에서는 녹차 가루를 첨가하였을 때 식빵이 단단해지는 결과를 보였다고 하여 흑미와 녹차를 함께 사용하였을 때 식빵의 경도가 증가한다는 결론을 뒷받침 해주고 있다.

6) 관능적 특성

녹차와 흑미 가루를 혼합하여 첨가한 식빵의 외형, 색, 향, 조직감, 맛 등에 대한 관능검사 결과는 〈Table 6〉과 같다. 관능적 평가 항목 중에서 식빵의 외형($p < 0.001$), 외부색($p < 0.001$), 내부색($p < 0.001$), 입자 균일성($p < 0.01$)과 전체적인 기호도($p < 0.05$)는 시료간에 유의적인 차이를 보인 반면, 식빵의 향, 입에서의 느낌과 조직감, 맛 그리고 식빵의 뒷맛에 대한 기호도는 대조구와 유의적 차이를 나타내지 않았다.

식빵의 외형과 외부색은 대조구가 각각 7.55와 7.30으로 나타나 녹차와 흑미 혼합분을 사용한 군보다는 유의적으로 높은 값을 보였으나, 녹차만을 첨가한 군과는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 내부색도 대조구가 7.45로 녹차만을 첨가한 군 및 혼합분을 사용한 군보다 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 입자의 균일성은 대조구가 가장 높게, 녹차와 흑미 40%를 첨가한 군이 가장 낮게 나타났다. 전체적인 기호도는 녹차와 흑미 10%, 30% 첨가군이 대조구와 유의적인 차이를 보이지 않았다. 녹차와 함께 흑미 40%를 첨가한 군은 외형, 외부색, 내부색, 입자 균일성 및 전체적인 기호도에서 가장 낮게 나타나 상품적 가치가 현저히 저하됨을 알 수 있었다.

녹차와 함께 첨가되는 흑미량이 증가할수록 빵의 부피가 작아지고, 식빵의 색이 진해지며, 현미

〈Table 6〉 Sensory characteristics of breads prepared from wheat flour with different amount of black glutinous rice flour and green tea powder

Sample ¹⁾	Appearance*** ²⁾	External color***	Crumb color***	Grainy**	Flavour	Mouthfeel	Texture	Taste	Residual mouthfeel	Overall acceptability*
Control	7.55±1.28 ^{3)ab4)}	7.30±1.49 ^a	7.45±1.05 ^a	7.05±1.19 ^a	5.85±1.35	5.95±1.93	6.00±1.56	5.90±0.97	5.95±1.23	6.35±1.27 ^a
GB0	6.55±1.73 ^{ab}	6.30±1.59 ^{ab}	6.35±1.18 ^b	6.30±1.30 ^{ab}	4.70±2.25	4.95±1.79	5.15±1.57	5.15±2.13	5.05±1.61	5.45±1.73 ^{ab}
GB1	6.35±1.57 ^b	6.15±1.42 ^b	6.30±1.42 ^b	6.00±1.75 ^{bc}	5.55±1.39	6.30±1.45	6.50±1.57	5.65±1.46	6.00±1.65	6.15±1.39 ^a
GB2	5.70±1.63 ^b	5.80±1.77 ^b	5.80±1.40 ^b	5.80±1.40 ^{bc}	5.55±1.57	5.60±1.31	5.80±1.32	5.85±1.27	5.90±1.17	5.80±1.20 ^{ab}
GB3	5.50±1.64 ^b	5.55±1.73 ^b	5.85±1.53 ^b	5.75±1.48 ^{bc}	5.30±1.17	5.70±1.72	6.35±1.57	5.90±1.45	5.90±1.48	5.90±1.52 ^a
GB4	3.80±2.07 ^c	4.20±1.99 ^c	4.75±2.27 ^c	5.00±1.81 ^c	4.95±1.99	5.55±1.88	5.60±2.04	5.30±2.11	5.10±2.05	4.85±1.90 ^b

¹⁾ Control: wheat flour 100%, GB0: wheat flour with 1% green tea powder, GB1~GB4: wheat flour with 10, 20, 30, 40% waxy black rice flour and 1% green tea powder. ²⁾ Significance as determined by ANOVA test according to age($p<0.05$, $p<0.01$, $*** p<0.001$). ³⁾ Mean±S.D.

⁴⁾ Means with different letters within a column are significantly different at $\alpha=0.05$ level as determined by Duncan's multiple range test.

상태인 흑미 가루의 껍질이 식빵의 외부에서 관찰되는 요인들이 기호도를 저하시키는 원인으로 작용한 것으로 사료된다. Dhingra & Sudesh(2001)이 보고한 바와 같이 밀가루 이외의 곡류를 식빵에 첨가하는 경우, 빵의 외형과 색 등의 기호도가 감소함을 알 수 있다. 또한, Choi(2001)의 연구에서 발아 현미분을 40~50% 첨가한 식빵의 경우 대조구에 비해 외형이 좋지 않다고 보고하여 본 연구 결과와 동일한 결과를 보였다.

2. 흑미와 녹차 혼합분을 첨가한 식빵의 항산화력

1) DPPH Radical 소거 활성

DPPH(1,1-Diphenyl-2-picryl-hydrazyl)는 짙은 자색을 나타내며, 그 자체가 질소 중심의 radical로서 radical 전자의 비 편재화에 의해 안정화된 상태로 존재한다. 따라서 DPPH radical 소거 활성은 식품의 항산화력을 측정하는 방법으로 상용화 되고 있다.

대조구의 DPPH radical 소거 활성 값(Table 7)은 -8.52인데 반해 녹차 가루만 첨가한 식빵이 54.29이었고, 녹차와 함께 흑미 가루를 10, 20, 30, 40%를 함께 첨가한 식빵이 각각 64.12, 66.73, 65.09, 84.17의 DPPH radical 소거 활성을 보였다. 녹차와 흑미 가루를 10, 20, 30% 첨가한 식빵은 녹차 가루만 첨가한 군에 비해 소거 활성에 유의

〈Table 7〉 DPPH radical scavenging effect of wheat flour bread with green tea powder and different amount of waxy black rice flour

Sample ¹⁾	DPPH*** ²⁾
Control	-8.52± 3.43 ^{3)cd4)}
GB0	54.29± 7.38 ^b
GB1	64.12±11.89 ^b
GB2	66.73± 7.39 ^b
GB3	65.09± 3.88 ^b
GB4	84.17± 1.67 ^a

¹⁾ Control: wheat flour 100%, GB0: wheat flour with 1% green tea powder, GB1~GB4: wheat flour with 10, 20, 30, 40% waxy black rice flour and 1% green tea powder.

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 $\alpha=0.05$ level as determined by Duncan's multiple range test.

적인 차이를 보이지 않았으나 흑미 가루 첨가량의 증가에 따라 증가하는 경향을 나타내었고, 녹차와 함께 흑미 40%를 첨가한 군은 다른 혼합분 사용 군보다 유의적으로 높은 DPPH radical 소거 활성을 나타내었다. 대조군에 비해서 혼합분 사용 군은 유의적으로 높은 DPPH radical 소거 활성도를 보였다.

흑미와 녹차의 항산화성에 대한 보고를 보면, Chung & Lee(2003)는 흑미의 butanol 추출물에 대한 DPPH radical 소거 능력이 α -tocopherol보다 2배 이상 높음을 보고하였고, Kang et al.(2003)은

DPPH radical에 대한 전자공여능이 유색미의 모든 품종들에서 80% 이상의 높은 활성을 나타낸다고 결론지었다. 또한, Han et al.(2004)은 흑미의 메탄올 추출물이 DPPH radical에 대해 강한 소거 능력이 있다고 하였다. 녹차의 항산화성도 여러 연구에서 보고되고 있는데, Park et al.(1996)은 녹차의 물 추출물이 LDL의 산화 억제에 대하여 효과가 있다고 하고, Yeo et al.(1995)은 녹차의 강한 DPPH radical 소거 활성을 확인하였다. 본 실험에서는 이러한 녹차와 흑미를 함께 사용하여 DPPH radical 소거 활성이 상승하고, 특히 녹차와 더불어 흑미 가루를 40% 이상 첨가했을 때부터 시너지 효과가 생겨 DPPH radical 소거 활성 능력이 크게 향상됨을 알 수 있었다. 또한, 원재료의 항산화성은 본 연구 결과 식빵으로 제품화되었을 때도 사라지지 않고 잔존함을 알 수 있었다.

2) TEAC 함량 측정

녹차와 흑미 가루를 첨가한 식빵의 항산화 효과를 TEAC(trolox equivalent antioxidant capacity)로 측정된 결과는 <Table 8>과 같다. 녹차 가루만 첨가한 식빵의 경우 1.17 mg, 녹차와 함께 흑미 가

루 10% 첨가는 1.34 mg, 20%는 1.49 mg, 30%는 1.55 mg, 40% 첨가는 1.93 mg의 TEAC 함량을 보여 모두 대조구에 비해 매우 유의적으로 높은 값을 나타냈다. 특히 40%의 흑미 가루와 녹차를 혼합한 군은 유의적으로 가장 높은 값을 나타내었으며, 녹차와 함께 흑미 가루를 10~30%까지 첨가했을 때 이들 군간의 TEAC(mg) 함량에는 차이가 나타나지 않았다. TEAC(%)도 녹차와 함께 흑미 40%를 첨가한 군이 가장 높은 41.33(%)를 보인 반면 대조구는 1.13%의 유의적으로 가장 낮은 결과를 나타내었다. 녹차만을 첨가한 군은 대조구 보다 높은 TEAC(%)를 보였으나, 혼합분 사용군보다는 유의적으로 낮은 결과를 보였다.

IV. 요약 및 결론

본 연구는 식빵에 흑미와 녹차 혼합분을 첨가하여 식빵의 품질 및 항산화성을 개선하고 기능성 식빵으로의 이용 가능성을 알아보고자, 녹차 1%와 함께 흑미 가루 10%, 20%, 30%, 40%를 각각 첨가하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

식빵의 무게는 대조구가 382 g인데 반해 녹차와 함께 흑미 가루를 40% 첨가한 군의 식빵은 394 g의 무게를 보여 대조구와 유의적인 차이를 보였고, 식빵의 부피는 녹차와 함께 흑미 가루 30% 이상 첨가한 군에서 대조구에 비해 유의적으로 부피가 감소함을 알 수 있었다. 식빵의 단면을 SEM으로 관찰한 결과 녹차와 함께 흑미 가루를 20% 이상 첨가하였을 때부터 기공이 커지고, 형태가 선명하지 않음을 알 수 있었다. 녹차와 흑미 가루의 혼합분 중 흑미 첨가량이 증가할수록 명도와 황색도는 감소하고, 적색도는 증가하였다. 식빵의 조직감 특성을 조사한 결과, 경도, 검성, 씹힘성은 대조구가 가장 낮게 나타났으며, 녹차와 함께 흑미 40% 첨가군이 가장 높게 나타났다. 이와는 반대로 탄력성은 대조구가 가장 높은 반면 녹차와 함께 흑미 40%를 첨가한 군이 가장 낮게 나타났다. 녹차와 함께 흑미 40%를 첨가한 군은 관

<Table 8> TEAC of bread prepared from wheat flour with green tea powder and different amount of waxy black rice flour

Group ¹⁾	TEAC(mg) ^{***2)}	TEAC(%) ^{***}
Control	0.00±0.02 ³⁾⁴⁾	1.13±0.62 ^d
GB0	1.17±0.08 ^c	25.56±1.55 ^c
GB1	1.34±0.30 ^{bc}	29.21±6.19 ^{bc}
GB2	1.49±0.22 ^b	32.19±4.56 ^b
GB3	1.55±0.13 ^b	33.45±2.57 ^b
GB4	1.93±0.06 ^a	41.33±1.21 ^a

¹⁾ Control: wheat flour 100%, GB0: wheat flour with 1% green tea powder, GB1~GB4: wheat flour with 10, 20, 30, 40% waxy black rice flour and 1% green tea powder.

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 $\alpha = 0.05$ level as determined by Duncan's multiple range test.

능검사 결과, 외형, 외부색, 내부색, 입자 균일성 및 전체적인 기호도에서 가장 낮게 나타났으며, 전체적인 기호도는 녹차와 흑미 10%, 30% 첨가군이 대조구와 유의적인 차이를 보이지 않았다. DPPH radical 소거 활성과 TEAC 함량은 대조구보다 녹차 가루를 첨가한 군이 높게 나타났으며, 녹차와 함께 흑미 가루 40%를 첨가한 군이 유의적으로 가장 높은 DPPH radical 소거 활성과 TEAC 함량을 보였다. 녹차만을 첨가한 군보다 녹차와 흑미 가루를 함께 첨가한 군이 유의적으로 높은 TEAC 함량을 보였고, 모든 군은 대조구보다 높은 TEAC 함량을 나타내었다.

본 연구 결과 녹차와 흑미 가루 혼합분을 첨가할 때에는 녹차 1%에 흑미 가루 10%를 혼합한 혼합분의 사용이 적절하며, 이들 혼합분의 DPPH radical 소거 활성, TEAC의 항산화력은 제품화된 후에도 지속됨을 확인할 수 있었다. 특히 녹차와 흑미를 각각 첨가했을 때보다 혼합분으로 사용할 때 항산화력이 유의적으로 높았으며, 흑미 가루를 40% 이상 첨가하였을 때는 항산화력의 시너지 효과도 관찰할 수 있었다. 많은 기능성 재료의 효능에 대한 연구가 활성화되고 있는 현재의 시점에서 본 연구와 같이 이들 기능성 소재의 복합 사용에 대한 연구가 다양하게 시도되고, 신제품 개발로 이어져 이를 통한 식품관련 업계의 활성화가 이루어지기를 바란다.

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. A.A.C.C. (1985) : American association of cereal chemists. Approved methods, The Association, St. Paul. Minn. sec. 46.
3. Awika JM · Rooney LW · Waniska RD (2004) : Anthocyanins from black sorghum and their antioxidant properties. *Food Chem.* 90:293-301.
4. Baik CS · Park YS · Chang HG (2008) : Physico-chemical properties of wheat flour supplemented with black rice flour. *Food Engineering Progress* 12(1):49-57.
5. 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. *Bioscience Biotechnology Biochemistry* 46: 49-53.
6. Choi GC · Na HS · Oh GS · Kim SK · Kim K (2005) : Gelatinization properties of waxy black rice starch. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 34(1):87-92.
7. Choi JH (2001) : Quality characteristics of the bread with sprouted brown rice flour. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.* 17(4):323-328.
8. Chung YA · Lee JK (2003) : Antioxidative properties of phenolic compounds extracted from black rice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32(6):948-951.
9. Defa G · Xu M (1992) : A study on special nutrient of purple glutinous rice. *Scientia Agric. Sinica* 25:36-41.
10. Dhingra S · Sudesh J (2001) : Organoleptic and nutritional evaluation of wheat breads supplemented with soybean and barley flour. *Food Chem.* 77:479-488.
11. Gallagher E · Gormley TR · Arendt EK (2003) : Crust and crumb characteristics of gluten free breads. *J. Food Engineering* 56:153-161.
12. Hamid AA · Luan YS (2000) : Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice bran. *Food Chem.* 68:15-19.
13. 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.
14. Hwang YK · Kim TY (2000) : Characteristics of colored rice bread using the extruded Heug-JinJu rice. *Korean J. Soc. Food Sci.* 16(2): 167-172.
 15. Im JG · Kim YH (1999) : Effect of green tea addition on the quality of white bread. *Korean J. Food & Cookery Sci.* 15(4):395-400.
 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. Jung DS · Eun JB (2003) : Rheological properties of dough add with black rice flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35(1):38-43.
 19. 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.
 20. Kang MY · Nam YJ (1999) : Studies on bread-making quality of colored rice flours. *Korean J. Soc. Food Sci.* 15(1):37-41.
 21. Kim BR · Choi YS · Lee SY (2000) : Study on bread making quality with mixture of buckwheat-wheat flour. *J Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 29(2):241-247.
 22. Kwon MN · Choi JS · Byun DS (1993) : Effect of flavonoid(+)-catechin as stabilizer in rat fed fresh and peroxidized fish oil. *J. Korean. Soc. Food Nutr.* 22(4):381-391.
 23. Lee JS · Oh MS (2006) : Quality characteristics of cookies with black rice flour. *Korean J. Food Cookery Sci.* 22(2):193-203.
 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. Lopes GK · Schulman HM · Hermes-lima M (1999) : Polyphenol tannic acid inhibits hydroxy radical formation from fenton reaction by complexing ferrous irons. *Biochem. Biophys. Acta* 1472: 142-152.
 26. Muramatsu K · Fukuyo M · Hara T (1986) : Effects of green tea catechins on plasma level in cholesterol-fed rats. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* 32:613.
 27. Park CO · Jin SH · Ryu BH (1996) : Antioxidant activity of green tea extracts toward human low density lipoprotein. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28(5):850-858.
 28. Park CS (2000) : Effect of pine needle and green tea extracts on the survival of pathogenic bacteria. *Korean J. Soc. Food Sci.* 16(1):40-46.
 29. Re R · Pellegrini N · Proteggente A · Pannala A · Yang M · Rice-Evans C (1999) : Antioxidant applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology Medicine* 26:1231-1237.
 30. Rhee CO · Seng SJ · Lee YS (2000) : Volatile flavor components in cooking black rice. *Korea J. Food Sci. Technol* 32:1015-1021.
 31. Rhi JW · Shin HS (1993) : Antioxdant effect of aqueous extract obtained from green tea. *Korean J. Food Sci. Technol.* 25(6):759-763.
 32. Ryu CH (1999) : Study on bread-making quality with of waxy barley-wheat flour. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 28(5):1034-1043.
 33. Ryu SN · Park SZ · Kang SS · Han SJ (2003) : Determination of C3G content in blackish purple rice using HPLC and UV-Vis spectrophotometr. *Korean J. Crop Sci.* 48:369-371.

34. Sakakibara H · Honda Y · Nakagawa S · Ashidam H · Kanazawa K · Simultaneous (2003) : Determination of all polyphenols in vegetables, fruits, and teas. *J. Agric. Food Chem.* 51:571-581.
35. Shin GH · Roh SH (1999) : A study on the texture of cookie depending the quality of green tea. *Korean J. of Culinary Research* 5(2):133-146.
36. Wang H · Cao H · Prior RL (1997) : Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. *J. Agr. Food Chem.* 45:3362-3367.
37. Wang J · Mazza J (2002) : Effects of anthocyanins and other phenolic compounds on the production of tumor necrosis factor alpha in LPS/IFN gamma-activated RAW 264.7 macrophages. *J. Agr. Food Chem.* 50:4183-4189.
38. Yeo SG · Ahn CW · Lee YW · LeeTG · Park YH · Kim SB (1995) : Antioxidative effect of tea extracts from green tea oolong tea and black tea. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 24(2): 299-304.
39. Yoon HH · Paik MJ · Kim JB · Hahn TR (1995) : Identification of anthocyanins form Korean pigmented rice. *Korean J. Soc. Agric. Chem. Biotechnol.* 38:581-583.
40. 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.

2008년 11월 21일 접 수

2008년 12월 2일 1차 논문수정

2008년 12월 9일 2차 논문수정

2008년 12월 11일 게재 확정